

**ODUVALDO BESSA JUNIOR**

**INTERFERÊNCIA ENTRE A OCUPAÇÃO URBANA E A DINÂMICA  
NATURAL NO LITORAL SUL DO PARANÁ**

**Tese apresentada como requisito à  
obtenção do grau de Doutor.  
Curso de Pós-Graduação em Geologia,  
Setor de Ciências da Terra, Departamento  
de Geologia, Universidade Federal do  
Paraná**

**Orientador: Dr. Rodolfo José Angulo  
Co-orientador: Dr. Flávio Sammarco Rosa**

**CURITIBA  
2003**

Bessa Junior, Oduvaldo

Interferência entre a ocupação urbana e a dinâmica natural  
no litoral sul do Paraná / Oduvaldo Bessa Junior. - Curitiba, 2004.  
xv, 156 f. : il.

Orientador: Dr. Prof. Rodolfo José Angulo

Co-orientador: Dr. Flávio Sammarco Rosa

Tese (Doutorado) – Setor de Ciências da Terra, Universidade  
Universidade Federal do Paraná.

Inclui Bibliografia

1. Geologia ambiental. 2. Gerenciamento costeiro. 3. Dinâmica  
Costeira. 4. Costas - Paraná. I. Angulo, Rodolfo José. II. Rosa, Flávio  
Sammarco. III. Título. IV. Universidade Federal do Paraná.

CDD 551.457



A Camila Sales Jacob Bessa

*In memoriam*

# TERMO DE APROVAÇÃO

***ODUVALDO BESSA JUNIOR***

**“INTERFERÊNCIA ENTRE A OCUPAÇÃO URBANA E A DINÂMICA NATURAL NO LITORAL SUL DO ESTADO DO PARANÁ.”**

**Tese em Doutorado aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor no Curso de Pós-Graduação em Geologia, com área de concentração em Geologia Ambiental, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos Professores:**



**Prof. Dr. Rodolfo José Angulo**  
**Presidente**



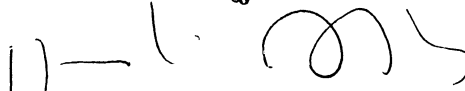
**Prof. Dr. Edson Aparecido Mitishita**



**Prof. Dr. Marcus Polette**



**Profa. Dra. Cristina Araújo Lima**



**Profa. Dra. Jacqueline Albino**

**Curitiba, 23 de junho de 2003.**

## AGRADECIMENTOS

Profundo agradecimento ao Professor Doutor Rodolfo José Angulo, pela orientação incansável, pela paciência nas discussões, pela amizade, pelo incentivo e ajuda nos momentos mais difíceis que travamos nesta empreitada.

A Maria Cristina de Souza por sua disposição em discutir os resultados deste trabalho e empréstimo de bibliografias que foram fundamentais.

A Ana Claudia de Paula Müller, pela amizade, atenção e estímulo em todos os momentos que necessitei.

A Alfredo, Abo, Katia, Lídio, Sibelle e Nina, colegas da pós-graduação de Geologia que muito me auxiliaram nos trabalhos de campo para a medição dos perfis praias.

A Lilian Thies pelo auxílio nas dúvidas sobre as operações de geoprocessamento e georreferenciamento das fotos aéreas.

Aos colegas de pós-graduação que fizeram disciplinas comigo e que juntos discutimos nossos sucessos e fracassos.

A Thânia Sales Jacob pela paciência, dedicação, pela estória que dividimos e por tudo que me ensinou.

A minha mãe, Dona Ida Bessa, que em todos os momentos de minha vida acreditou e apoiou meus projetos de vida e, quando necessário, me deu seu ombro e seu afeto.

Ao meus irmãos, Cesar e Rosiana Bessa, que além do apoio e carinho, sempre estiveram do meu lado quando necessitei.

Aos funcionários da secretaria do Departamento de Geologia pela atenção que sempre me atenderam.

A Sarita, secretária de pós-graduação da Geologia, pela paciência em me avisar dos prazos que eu sempre esquecia.

Ao colega Ayrton, do geoprocessamento da SANEPAR, pelo empréstimo dos dados digitais de cartografia que foram fundamentais na criação da base de dados georreferenciados.

Ao Paraná-Cidade, em especial ao colega Elder, pelo empréstimo de fotos-aéreas da área estudada.

A Ana Carolina Müller, pela elaboração do *abstract*.

Aos colegas do Núcleo de Meio Ambiente e Geoprocessamento e do Núcleo de Estudos Populacionais do IPARDES, pela compreensão das minhas angústias e pelo apoio e carinho que sempre recebi.

A Luciene Reis Bittencourt, pelo carinho e por compartilhar a esperança no futuro.

A todos os amigos que sempre acreditaram que seria possível.

E, finalmente, à diretoria do IPARDES que através do Programa de Apoio à Tese tomou possível a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>iii</b>
<b>SUMÁRIO.....</b>	<b>v</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE QUADROS .....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiv</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1 FOTOINTERPRETAÇÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>3.2 LEVANTAMENTO DE PERFIS PRAIAIS.....</b>	<b>21</b>
<b>3.3 CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA.....</b>	<b>22</b>
<b>3.4 GEOPROCESSAMENTO .....</b>	<b>23</b>
<b>3.5 DIAGNÓSTICO DA INTERAÇÃO ENTRE A OCUPAÇÃO URBANA E A         DINÂMICA NATURAL .....</b>	<b>29</b>
<b>4. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA.....</b>	<b>32</b>
<b>4.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2 CLIMA.....</b>	<b>32</b>
<b>4.3 ONDAS .....</b>	<b>36</b>
<b>4.4 MARÉS.....</b>	<b>38</b>
<b>4.5 CARACTERÍSTICAS DE OCUPAÇÃO .....</b>	<b>39</b>
<b>5. TRABALHOS PRÉVIOS.....</b>	<b>42</b>
<b>5.1 DINÂMICA DE PRAIA.....</b>	<b>42</b>
<b>5.2 GERENCIAMENTO COSTEIRO .....</b>	<b>52</b>
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>58</b>
<b>6.1 TERMINOLOGIA DOS AMBIENTES PRAIAIS.....</b>	<b>58</b>
<b>6.2 DESCRIÇÃO DAS PRAIAS.....</b>	<b>60</b>
<b>6.2.1 PRAIA CENTRAL DE MATINHOS E BALNEÁRIOS FLAMINGO E             RIVIERA .....</b>	<b>60</b>
<b>6.2.2 PRAIA BRAVA DE CAIOBÁ .....</b>	<b>67</b>
<b>6.2.3 PRAIA MANSA DE CAIOBÁ.....</b>	<b>78</b>
<b>6.2.4 PRAINHA.....</b>	<b>84</b>
<b>6.2.5 CAIEIRAS.....</b>	<b>90</b>

<b>6.2.6 GUARATUBA .....</b>	<b>97</b>
<b>6.2.7 BREJATUBA .....</b>	<b>109</b>
<b>6.3 CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA.....</b>	<b>121</b>
<b>6.4 ANÁLISE SOBRE A INTERAÇÃO ENTRE A OCUPAÇÃO URBANA E A DINÂMICA NATURAL .....</b>	<b>127</b>
<b>7. CONCLUSÕES .....</b>	<b>140</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>144</b>
<b>ANEXO 1 .....</b>	<b>149</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.2: Localização da área estudada e dos perfis praiais.....	22
Figura 3.4a: Foto escanerizada (A) e após o processo de georreferenciamento (B). ....	24
Figura 3.4b: Digitalização <i>heads up</i> em foto aérea escanerizada e georreferenciada. ....	25
Figura 3.4c: Representação esquemática para obtenção do volume praiial entre as épocas de linha de costa. ....	29
Figura 3.5: Fases do processo metodológico para obtenção de mapa com áreas de vulnerabilidade ambiental (modificado de UNESCO (2000)). ....	30
Figura 4.2a: Centros de ação que controlam as condições meteorológicas do sudeste e do sul do Brasil (Fonte: BIGARELLA, 1978) ....	33
Figura 4.2b: Evolução da anomalia de temperatura da superfície do mar (TSM) em anos de La Niña, Fonte: CPTEC/NOAA (2003). ....	35
Figura 4.4: Forma semidiurna das marés na barra do Porto de Paranaguá (Canal da Galheta) – Janeiro de 2001 (DHN, 2001). ....	38
Figura 4.5: Imagem de satélite Landsat 7 do litoral sul do Paraná, bandas 3, 4 e 5, com passagem em julho de 1999. As setas indicam as áreas de ocupação na orla. ....	41
Figura 5.2: Fases do processo metodológico para obtenção de mapa com áreas de vulnerabilidade ambiental (modificado de UNESCO (2000)). ....	55
Figura 6.1: Terminologia de ambientes e subambientes litorâneos (modificada de ANGULO (1996b)). ....	59
Figura 6.2.1.1a: Posicionamento das linhas de costa e das barras na Praia Central de Matinhos. ....	61
Figura 6.2.1.1b: Posicionamento das linhas de costa, barras e dunas frontais nos balneários Flamingo e Riviera. ....	62
Figura 6.2.1.1c: Enrocamentos construídos no Balneário Flamingo em frente à Avenida Beira- Mar. ....	63
Figura 6.2.1.2a: Praia Central de Matinhos com muros e enrocamentos (maio de 1999). ....	65
Figura 6.2.1.2b: Praia Central de Matinhos em 1928 com duna frontal e vestiário de banhistas invadindo a pós- praia ao fundo ( <i>in</i> BIGARELLA, 1991). ....	66
Figura 6.2.1.2c: Praia Central de Matinhos em 1948 com Hotel Beira-Mar à esquerda e a vila de pescadores à direita ( <i>in</i> BIGARELLA, 1991). ....	66
Figura 6.2.2.1a: Barras transversais ao sul da Praia Brava de Caiobá, associadas ao lobo terminal do delta de maré vazante da Baía de Guaratuba. ....	68
Figura 6.2.2.1b: Imagem Landsat de 1999 em composição de bandas 5, 4 e 2 para realce do delta de maré vazante da Baía de Guaratuba. ....	69
Figura 6.2.2.1c: Praia Brava de Caiobá no ano de 1949 com vista para sul. Ressalta-se a largura da praia à esquerda e a presença de dunas frontais ( <i>in</i> BIGARELLA, 1991). ....	70
Figura 6.2.2.1d: Variação da linha de costa, de barras e presença de duna frontal na porção norte da Praia Brava de Caiobá em 1969. ....	71
Figura 6.2.2.1e: Variações da linha de costa e barras na porção central da Praia Brava de Caiobá, apresentando muros e enrocamentos em 1969. ....	73
Figura 6.2.2.2a: Vista aérea em 1988 da Praia Mansa (em primeiro plano) e da Praia Brava de Caiobá (BIGARELLA, 1991) ....	74
Figura 6.2.2.3a: Perfis planialtimétricos da Praia Brava de Caiobá. ....	75
Figura 6.2.2.3b: Resultados do cálculo de volumes praiiais para os perfis da praia de Caiobá	76
Figura 6.2.2.3c: Local do perfil Caiobá 1, mostrando muros e espigões de gabiões destruídos pelas ondas ....	77

Figura 6.2.2.3d: Volume praiial estimado da praia de Caiobá, baseado nas relações entre o perfil médio e as variações da linha de costa. ....	78
Figura 6.2.3.1b: Vista da porção NE da Praia Mansa de Caiobá, com perfil suavizado devido à ressaca de maio de 2001.....	79
Figura 6.2.3.1a: Deslocamento da barra transversal e da linha de costa na Praia Mansa de Caiobá nos anos de 1954, 1969, 1980 e 1997 .....	80
Figura 6.2.3.3a: Perfis planialtimétricos da Praia Mansa.....	82
Figura 6.2.3.3b: Resultados do cálculo de volumes praiiais para a Praia Mansa.....	83
Figura 6.2.3.3c: Volume praiial estimado da praia Mansa, baseado nas relações entre o perfil médio e as variações da linha de costa. ....	83
Figura 6.2.4.1a: Deslocamento da barra transversal e da linha de costa na Prainha nos anos de 1954, 1980 e 1997. ....	85
Figura 6.2.4.1b: Vista da porção NE da Prainha com enrocamentos e face praiial bastante curta (Setembro de 2001).....	86
Figura 6.2.4.3a: Perfis planialtimétricos da Prainha.....	88
Figura 6.2.4.3b: Resultado do cálculo de volumes praiiais para a Prainha.....	89
Figura 6.2.4.3c: Volume praiial estimado da Prainha, baseado nas relações entre o perfil médio e as variações da linha de costa. ....	90
Figura 6.2.5.1a: Deslocamento da barra transversal e da linha de costa na Praia de Caieiras nos anos de 1954, 1980 e 1997.....	92
Figura 6.2.5.1b: Vista da porção sul da praia de Caieiras, com presença de dunas frontais (direita ao fundo) .....	93
Figura 6.2.5.3a: Perfis planialtimétricos da Praia de Caieiras.....	95
Figura 6.2.5.3b: Resultado do cálculo de volumes praiiais para a Praia de Caieiras .....	96
Figura 6.2.5.3c: Volume praiial estimado da Praia de Caieiras, baseado nas relações entre o perfil médio e as variações da linha de costa. ....	96
Figura 6.2.6.1a: Deslocamento da barra transversal e da linha de costa na porção sul da Praia de Guaratuba nos anos de 1954, 1980 e 1997. ....	98
Figura 6.2.6.1b: Deslocamento da barra transversal e da linha de costa na porção central da Praia de Guaratuba nos anos de 1954, 1980 e 1997. ....	99
Figura 6.2.6.1c: Deslocamento da barra transversal e da linha de costa na porção norte da Praia de Guaratuba nos anos de 1954, 1980 e 1997. ....	100
Figura 6.2.6.2a: Vegetação encontrada próxima ao muro de contenção na praia de Guaratuba (junho de 2000).....	102
Figura 6.2.6.2b: Muros de contenção construídos em épocas diferentes na praia de Guaratuba. Salienta-se a posição do muro mais antigo (seta) que está cerca de 0,50 m abaixo do muro mais novo (maio de 2001).....	103
Figura 6.2.6.3a: Perfis planialtimétricos da Praia de Guaratuba .....	104
Figura 6.2.6.3b: Água de esgoto lançado na praia de Guaratuba e represada pela construção natural de bermas (junho de 2000) .....	105
Figura 6.2.6.3c: Obra de terraplenagem na praia de Guaratuba que permitiu o lançamento do esgoto diretamente na praia (abril de 2001).....	106
Figura 6.2.6.3d: Resultado do cálculo de volumes praiiais para a Praia de Guaratuba .....	107
Figura 6.2.6.3e: Volume praiial estimado da Praia de Guaratuba, baseado nas relações entre o perfil médio e as variações da linha de costa. ....	108
Figura 6.2.6.3f: Volume praiial estimado do perfil Guaratuba 4, baseado nas relações entre o perfil médio e as variações da linha de costa. ....	109
Figura 6.2.7.1a: Deslocamento da barra e da linha de costa na porção sul da Praia de Brejatuba nos anos de 1954, 1980 e 1997.....	111
Figura 6.2.7.1b: Deslocamento da barra e da linha de costa na porção sul da Praia de Brejatuba nos anos de 1954, 1969, 1980 e 1997. ....	112



Figura 6.2.7.1c: Deslocamento da barra e da linha de costa na porção central da Praia de Brejatuba nos anos de 1954, 1969, 1980 e 1997. ....	113
Figura 6.2.7.1d: Deslocamento da barra e da linha de costa na porção norte da Praia de Brejatuba nos anos de 1954, 1969, 1980 e 1997. ....	114
Figura 6.2.7.1e: Praia de Brejatuba apresentando uma face de praia larga com presença de cúspides praias. ....	110
Figura 6.2.7.2a: Dunas frontais na praia de Brejatuba, próximas à desembocadura do rio Saí-Guaçu, pouco erodidas na ressaca de maio de 2001. ....	116
Figura 6.2.7.3a: Perfis planialtimétricos da Praia de Brejatuba .....	119
Figura 6.2.7.3b: Resultado do cálculo de volumes praias para a Praia de Brejatuba .....	120
Figura 6.2.7.3c: Volume praial estimado da praia de Brejatuba, baseado nas relações entre o perfil médio e as variações da linha de costa. ....	120
Figura 6.2.7.3d: Volume praial estimado do perfil Brejatuba 4, baseado nas relações entre o perfil médio e as variações da linha de costa. ....	121
Figura 6.4a: Mapa com níveis de vulnerabilidade da costa para a Praia Central e os Balneários Flamingo e Riviera. ....	129
Figura 6.4b: Mapa com níveis de vulnerabilidade da costa para a Praia Brava de Caiobá. ..	131
Figura 6.4c: Mapa com níveis de vulnerabilidade da costa para a Praia Mansa. ....	132
Figura 6.4d: Mapa com níveis de vulnerabilidade da costa para a Prainha. ....	134
Figura 6.4e: Mapa com níveis de vulnerabilidade da costa para a Praia de Caieiras. ....	135
Figura 6.4f: Mapa com níveis de vulnerabilidade da costa para a Praia de Guaratuba. ....	137
Figura 6.4g: Mapa com níveis de vulnerabilidade da costa para a Praia de Brejatuba. ....	139

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.4: Valores de erro médio quadrático (RMS), obtidos no ARC/INFO™ para o georreferencia-mento das fotos aéreas.....	27
Tabela 5.1b: Morfotipos de praias que ocorrem no sudoeste da Austrália (modificada de SANDERSON <i>et al.</i> (2000)).....	48
Tabela 6.2.1.2a: Resultados da variação da linha de costa para a Praia Central de Matinhos (ext.=717 m). ....	64
Tabela 6.2.1.2b: Resultados da variação da linha de costa para os balneários Flamingo e Riviera (ext.=2.920 m). ....	64
Tabela 6.2.2.2a: Resultados da variação da linha de costa para a porção sul da Praia de Caiobá (ext.=1555 m). ....	72
Tabela 6.2.2.2b: Resultados da variação da linha de costa para a porção norte da Praia de Caiobá (ext.=1555 m). ....	72
Tabela 6.2.3.2a: Resultados da variação da linha de costa para a porção SW da Praia de Mansa (ext.=554 m). ....	81
Tabela 6.2.3.2b: Resultados da variação da linha de costa para a porção NE da Praia de Mansa (ext.=554 m). ....	81
Tabela 6.2.4.2a: Resultados da variação da linha de costa para a porção SW da Prainha (ext.=580 m). ....	86
Tabela 6.2.4.2a: Resultados da variação da linha de costa para a porção NE da Prainha(ext.=580 m). ....	87
Tabela 6.2.5.2a: Resultados da variação da linha de costa para a porção sul da Praia de Caieiras (ext.=610 m).....	93
Tabela 6.2.5.2b: Resultados da variação da linha de costa para a porção norte da Praia de Caieiras (ext.=320 m).....	93
Tabela 6.2.5.2c: Medição de variações de linha de costa na praia de Caieiras, porção sul. ....	94
Tabela 6.2.6.2a: Resultados da variação da linha de costa para a porção sul da Praia de Guaratuba (ext.=1224 m). ....	101
Tabela 6.2.6.2b: Resultados da variação da linha de costa para a porção norte da Praia de Guaratuba (ext.=1224 m). ....	101
Tabela 6.2.7.2a: Resultados da variação da linha de costa para a porção sul da Praia de Brejatuba (ext.=3869 m). ....	115
Tabela 6.2.7.2b: Resultados da variação da linha de costa para a porção norte da Praia de Brejatuba (ext.=3869 m). ....	115
Tabela 6.2.7.2: Medição de variações de linha de costa da praia de Brejatuba .....	117
Tabela A1: Parâmetros estatísticos de granulometria para amostras da praia de Caieiras. ...	150
Tabela A2: Parâmetros estatísticos de granulometria para amostras da praia Mansa de Caiobá. ....	151
Tabela A3: Parâmetros estatísticos de granulometria para amostras da Prainha. ....	152
Tabela A4: Parâmetros estatísticos de granulometria para amostras da praia de Brejatuba. .	153
Tabela A5: Parâmetros estatísticos de granulometria para amostras da praia de Guaratuba. ....	154
Tabela A6: Parâmetros estatísticos de granulometria para amostras da praia Brava de Caiobá. ....	155
Tabela A7: Parâmetros estatísticos de granulometria para amostras da praia de Matinhos. .	156

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 5.1a: Modos de interação entre ondas e praias em ambientes de micromarés (SHORT, 1981).....	43
Quadro 5.1b: Morfotipos de praias que ocorrem no sudoeste da Austrália (modificada de SANDERSON <i>et al.</i> (2000)).....	48

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo o estudo dos conflitos entre a dinâmica natural das praias da região sul costeira do Paraná e as intervenções humanas sobre elas. As praias estudadas foram os balneários Flamingo e Riviera, Central de Matinhos, Brava de Caiobá, Mansa, Prainha, Caieiras, Guaratuba e Brejatuba. A meta deste trabalho foi a classificação das praias em setores de vulnerabilidade ambiental, que se basearam na mobilidade de cada praia e nos riscos criados a partir da intervenção humana. A mobilidade das praias foi obtida a partir de interpretação de fotografias aéreas de diversos anos, onde foram traçadas as linhas de costa para determinar as taxas de variação da linha de costa. A determinação dos riscos foi baseada, no mapeamento das invasões urbanas sobre as faces de praia e no balanço sedimentar das praias obtido a partir dos perfis praiais. Os dados mapeados foram obtidos a partir do geoprocessamento, que auxiliou na construção de um banco de dados georreferenciados e em operações de sobreposição de temas mapeados, como as variações de linha de costa e os riscos de intervenção. As taxas de variação de linha de costa indicaram alta mobilidade para todas as praias estudadas no período de 1999 a 2001. Os resultados do balanço sedimentar também indicaram praias instáveis, com momentos de estabilidade e outros com processos de intensa erosão ou deposição. As causas da estabilidade e instabilidade dessas praias foram associadas a fenômenos interanuais El Niño e La Niña. A determinação dos setores de vulnerabilidade, baseou-se em metodologia da UNESCO (2000), que permitiu classificar as praias estudadas em setores de vulnerabilidade muito baixa a muito alta. Na Praia Central de Matinhos e na porção nordeste da Prainha ocorreram setores com vulnerabilidade muito alta. Em todas as praias estudadas ocorreram setores com alta vulnerabilidade, sendo que a invasão urbana sobre a face de praia, teve influência decisiva na causa do conflito e conseqüente classificação destes setores. Com exceção das praias dos balneários Flamingo e Riviera, da Praia Central e da Prainha, em todas as outras praias ocorreram setores de média vulnerabilidade. Estes podem apresentar alta mobilidade de praia ou intervenção urbana próximo às linhas de costa, mas não ocorre interseção destas variáveis, tal como nos setores de vulnerabilidade alta ou muito alta. Na vulnerabilidade baixa a mobilidade da praia é baixa e a intervenção urbana é praticamente inexistente, enquanto que a vulnerabilidade muito baixa está relacionada às zonas rochosas. Para os setores de vulnerabilidade muito alta (Praia Central de Matinhos e Prainha), recomendou-se um programa de recuperação das praias, para a efetiva resolução dos problemas ambientais. Para

os setores de alta vulnerabilidade, recomendou-se uma avaliação individualizada de cada setor e um programa de monitoramento de perfis praias.

## ABSTRACT

The objective of this work is the study of the conflicts between the natural dynamics of the beaches of the south coastal regions of Paraná and the human interventions on them. The ones that were studied were the beaches of Flamingo and Riviera, Central of Matinhos, Brava of Caiobá, Mansa, Prainha, Caieiras, Guaratuba and Brejatuba. This work aimed the classification of the beaches in environmental vulnerability sectors, that were based on the mobility of each beach and the risks created from the human intervention. The mobility of the beaches was obtained from the interpretation of aerial photographs of several years, where it was mapped out the coast line to determine the variation taxes of the coast line. The determination of the risks was based on the mapping out of the urban invasions over the beach faces and on the sedimentary balance of the beaches obtained from the beach profiles. The mapped data were obtained from the geoprocessing, that helped in the construction of a data bank, geographically countersigned on the superposition of the mapped themes, same as the variations of the coast line and the risks of intervention. The taxes of variation of the coast line show high mobility to all the studied beaches in the period of 1999 and 2001. The results of the sedimentary balance also indicate instable beaches, with stability moments and other with intense processes of erosion or overthrow. The causes of stability or instability of these beaches were associated to interannual phenomena such as El Niño and La Niña. The determination of the vulnerability sectors was based on a methodology from UNESCO (2000), that allowed the classification of the studied beaches in vulnerability sectors from very low to very high ones. In the Central Beach of Matinhos and in the northeast portion of Prainha sectors with very high vulnerability were found. There were sectors with high vulnerability on all studied beaches but it was the urban invasion over the beach face that had a major influence in the cause of the conflict and a consequent classification of these sectors. With the exception of the beaches of Flamingo and Riviera, of the Central Beach and Prainha, in all the other beaches there were sectors of average vulnerability. These ones can present high mobility of the beach or urban intervention near the coast line but there is no intersection of these variables, as in the sectors of high or very high vulnerability. In the low vulnerability, the mobility of the beach is low and the urban intervention barely exists, while the very low vulnerability is connected to rocky zones. To the very high vulnerability sectors (Central Beach of Matinhos and Prainha), it was suggested a program of beach recovery, for the effective solution of the environmental problems. For the high vulnerability sectors, it was

suggested an individualized evaluation of each sector and a monitoring program of beach profiles.

## 1. INTRODUÇÃO

O litoral do Estado do Paraná, assim como outras regiões costeiras do Brasil, apresenta problemas ambientais devido à ocupação urbana desordenada, ocorrida principalmente entre as décadas de 70 e 80, quando o crescimento urbano foi bastante acentuado. Apesar dos conflitos entre o uso do solo e a dinâmica natural das praias paranaenses serem constantes nas últimas década, poucos estudos foram realizados na tentativa de melhora da qualidade ambiental nesta área e da qualidade de vida das populações que nela residem.

Entre os maiores problemas ambientais que resultaram dos conflitos de uso do solo, destacam-se os efeitos das ressacas que periodicamente tem causado impactos sobre as obras de estrutura urbana, como muros e calçadas, que foram construídos sobre as áreas de pós-praia. Entre outros exemplos, em 1948 o Hotel Beira-Mar encontrava-se sobre dunas frontais na Praia Central de Matinhos; após 1970, loteamentos foram realizados na Prainha sobre áreas onde havia ocorrido intensa progradação; na década de 80, a construção de obras viárias sobre dunas frontais causou prejuízos à dinâmica da Praia de Caiobá na porção norte; em maio de 2001, uma grande ressaca destruiu uma vila inteira de pescadores no Balneário Flamingo, que por mais de quatro anos invadiram as faces de praia; neste balneário e no Balneário Riviera, a construção da Avenida Beira-Mar sobre áreas de dunas frontais obrigou a construção de enrocamentos por cerca de 1.200 m de extensão da praia, para a contenção das ondas sobre as edificações.

O processo de ocupação urbana sobre o sistema costeiro da região litorânea do Paraná pode ser considerado como uma intervenção ambiental, que segundo MACEDO (1991) é um conceito amplo que pode ser aplicado a qualquer tipo de atividade que venha a ser realizada em uma região, podendo gerar ou induzir o remanejamento de fatores existentes no ambiente.

Na região estudada, algumas praias apresentaram alterações ambientais significativas, determinando uma nova configuração do ambiente. Mesmo não havendo interferência humana direta, alguns processos costeiros naturais agiram e estão agindo como uma atividade transformadora neste sistema costeiro e também causando profundas alterações ambientais em determinadas praias.

Com o uso de recursos do geoprocessamento, realizou-se neste trabalho a aplicação de uma técnica de análise e classificação dos setores de vulnerabilidade ambiental para cada



praia estudada, procurando contribuir para a melhoria da qualidade ambiental da região litorânea do Paraná.

## 2. OBJETIVOS

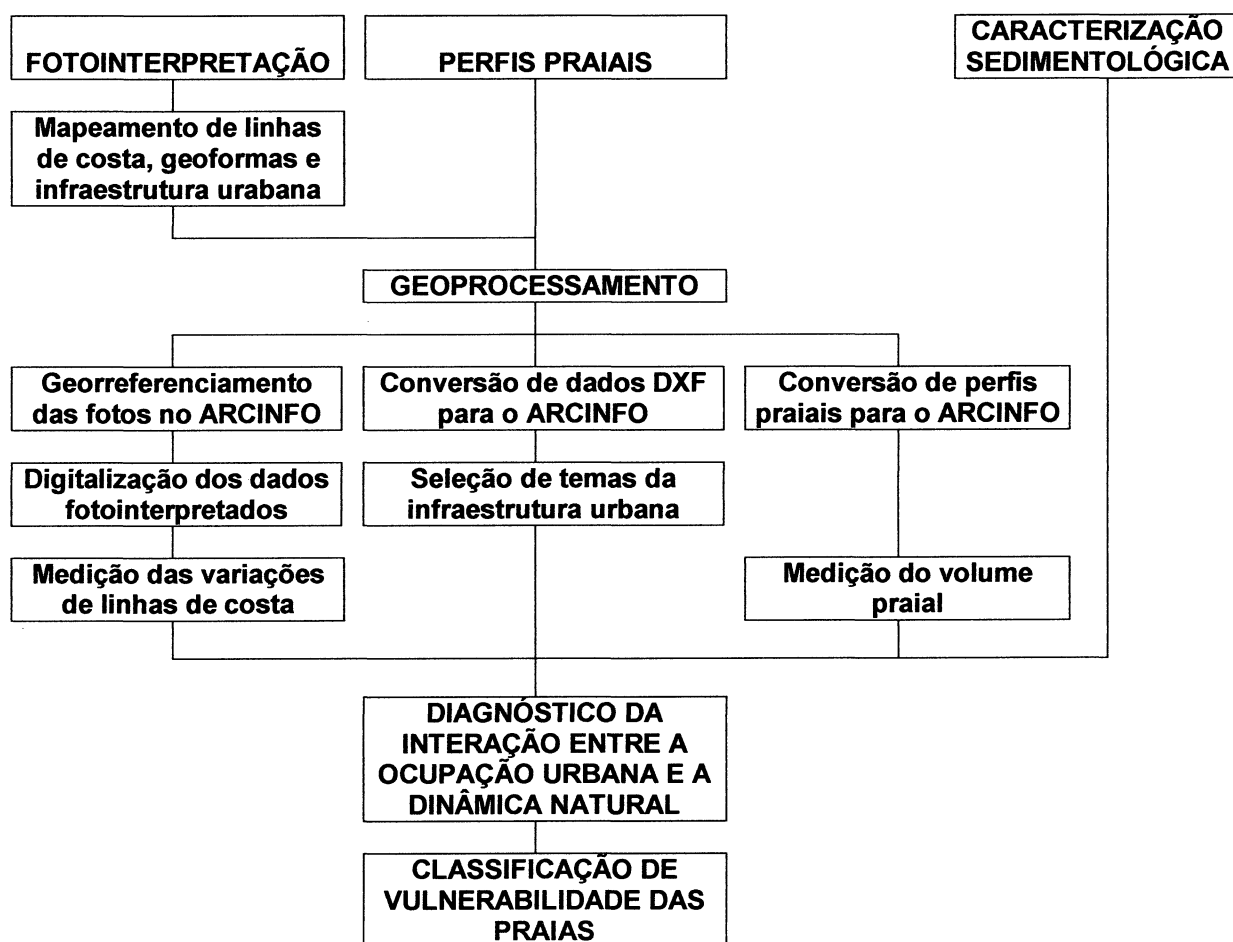
Este trabalho teve como objetivo geral fazer uma análise ambiental e propor um roteiro metodológico para a resolução dos problemas ambientais costeiros decorrentes da interação entre a dinâmica natural e a ocupação urbana na orla litorânea sul do Paraná entre o balneários Riviera e Barra do Saí através da identificação e classificação da vulnerabilidade das praias.

Os objetivos específicos são os seguintes:

- ✓ Mapeamento das variações de linhas de costa em diferentes épocas
- ✓ Mapeamento e caracterização da geomorfologia costeira por fotos aéreas de diferentes datas e por perfis praias
- ✓ Avaliar a mobilidade praial e sua possível interação com a dinâmica natural e ocupação da orla litorânea
- ✓ Medição do balanço sedimentar entre fevereiro de 1999 e setembro de 2001
- ✓ Identificar e classificar a vulnerabilidade ambiental das praias no litoral sul do Paraná
- ✓ Caracterização sedimentológica das praias estudadas
- ✓ Construção de um banco de dados georreferenciados
- ✓ Testar os recursos de geoprocessamento para a obtenção do mapeamento e medição da variação das linhas de costa, do volume praial e da vulnerabilidade praial

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os métodos usados para a elaboração deste trabalho foram: fotointerpretação, levantamento de perfis praias, caracterização sedimentológica, geoprocessamento e diagnóstico da interação entre a ocupação urbana e a dinâmica natural. Abaixo segue fluxograma mostrando a sequência das atividades realizadas neste trabalho.



#### 3.1 FOTOINTERPRETAÇÃO

A fotointerpretação foi utilizada para caracterizar a morfologia da zona costeira, detectar mudanças morfológicas da zona costeira nas últimas cinco décadas, especificamente as variações da linha de costa, e caracterizar a evolução da ocupação da zona costeira.

Foram utilizadas fotos aéreas em papel de diversos períodos e escalas: 1951-52, executadas por Cruzeiro do Sul S.A., em escala 1:25.000, cedidas pelo Instituto Ambiental do Paraná – IAP; 1969, em escala 1:4.000, cedidas pelo Departamento de Estradas de Rodagem – DER/PR; 1980, executadas por Aerosul S.A., em escala 1:25.000, cedidas pelo Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social – IPARDES e 1997, executadas por Esteio S.A., em escala 1:8.000, cedidas pela Paraná-Cidade, empresa vinculada à Secretaria de Desenvolvimento Urbano do Estado do Paraná.

A fotointerpretação foi realizada através de análises em pares de fotos com uso do estereoscópio de bolso. Para que não se fizesse a marcação dos elementos fotointerpretados encontrados diretamente na foto aérea, utilizou-se *overlays* (cronaflex) com cerca de 10 cm de largura que foram colocados na parte central da foto, com objetivo de reduzir as distorções que ocorrem nas porções próximas à borda das fotos.

Através da fotointerpretação realizou-se a identificação das feições morfológicas da praia, procurando identificar calhas e barras de arrebentação, cúspides e bermas. Também foi possível fazer a identificação e delineamento das dunas e linha de costa, usando-se como referência a linha da vegetação.

Sobre as características urbanas, a fotointerpretação objetivou a identificação da infra-estrutura e construções existentes na faixa entre a linha de costa até 300 m em direção ao continente, para os períodos de 1954 e 1969. A definição de 300 m de largura para esta faixa baseou-se na constatação de que nas fotos aéreas usadas neste trabalho, não foram verificados fenômenos ou processos costeiros que tivessem ultrapassado aquela distância a partir da linha d'água atual em cada praia. Os elementos fotointerpretados e delineados da infra-estrutura foram as quadras, os arruamentos e as canalizações da drenagem urbana. O mapeamento da infra-estrutura e construções urbanas para o período de 1997 também foi feito na faixa de 300 m, utilizando os dados da base cartográfica do Paraná-Cidade que foram incluídos neste BDG através da conversão de arquivos que se encontravam no formato DXF. Para o período de 1980, a infra-estrutura foi digitalizada das cartas topográficas cedidas pelo Conselho de Desenvolvimento do Litoral Paranaense.

Após a fotointerpretação fez-se o escaneamento das fotos aéreas com os *overlays*, resultando em imagens no formato JPG, com resolução de 300 DPI. Posteriormente, essas imagens passaram pelos processos de georreferenciamento e digitalização, que serão detalhados no item sobre geoprocessamento.

### 3.2 LEVANTAMENTO DE PERFIS PRAIAIS

Os perfis praias foram usados com principal objetivo de obtenção de dados sobre o balanço sedimentar de cada praia, mas também serviram para caracterizar a morfologia praial, detectar as variações de linhas de costa e as mudanças morfológicas da zona costeira no período de levantamento (1999 a 2001).

Os perfis topográficos transversais à praia, foram feitos em todas as praias estudadas, distribuindo-se da seguinte forma: um perfil na Praia Central de Matinhos, dois perfis na Praia de Caiobá, um perfil na Praia Mansa, um perfil na Prainha, dois perfis na Praia de Caieiras, quatro perfis na Praia de Guaratuba e quatro perfis na Praia de Brejatuba (fig. 3.2).

Os levantamentos dos perfis foram realizados com periodicidade sazonal, em situação de baixa-mar de sizígia. A localização e o alinhamento foram baseados nos perfis realizados por ANGULO & ANDRADE (1982), que por sua vez, usaram como referência elementos da infra-estrutura urbana, como posteamento ou muro.

Para o nivelamento de cada perfil foram usados nível de precisão, régua e trena. Os pontos de origem (P0) foram marcados com base em elementos urbanos, tais como cantos de muros ou postes, enquanto que os limites máximos situaram-se até onde os assistentes que levavam a régua puderam entrar no mar. As feições morfológicas existentes ao longo do perfil, foram assinaladas com estacas para marcar o local onde a régua seria posicionada, fazendo-se em seguida a medição de desnível com o nível de precisão, sendo que a distância entre cada estaca foi feita com o uso de uma trena. Para a obtenção de gráficos dos perfis utilizou-se o programa STATISTICA™.

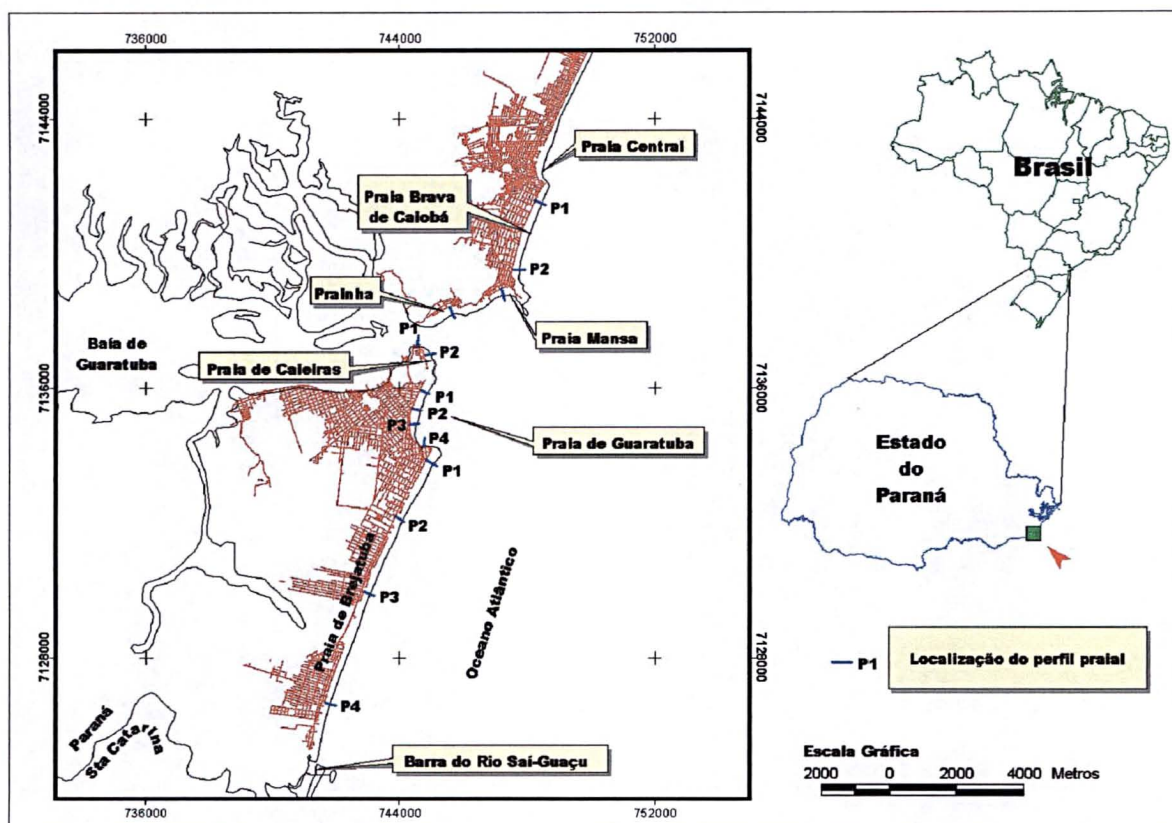


Figura 3.2: Localização da área estudada e dos perfis praias.

Junto às medições de perfis, registrou-se as posições da linha de costa natural nas praias de Caieiras e Brejatuba, sendo as únicas praias onde ocorrem a linha de costa natural. Isto serviu de complementação aos estudos da variação de linha de costa realizados nas atividades de fotointerpretação.

Para a correção ao nível médio do mar (NMM), foram anotadas em cada perfil a linha d'água e o horário do levantamento. Esses dados foram comparados com os dados das tábuas de marés, do Canal da Galheta (CEM, 1999; CEM, 2000 e CEM, 2001), para que se pudesse obter o valor estimado do NMM para cada perfil praias.

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA

Para a caracterização sedimentológica das praias estudadas, foram utilizados os dados das análises granulométricas de BASSO *et al.* (1997), a partir dos quais foram calculados os dados da distribuição granulométrica e dos parâmetros de FOLK & WARD (1957). A partir desses dados foram feitas tabelas (ANEXO 1) e gráficos de barras no programa EXCEL<sup>TM</sup>.

Segundo BASSO *et al.* (1997), a amostragem foi realizada no meio da face praial, a cada 500 m da extensão de cada praia.

As amostras foram processadas no Laboratório de Estudos Sedimentológicos - LABSED- do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná, onde passaram por procedimentos de análise granulométrica, conforme metodologia detalhada por SUGUIO (1973).

Para o tratamento estatístico dos dados (distribuição granulométrica e parâmetros de FOLK & WARD (1957)), foi utilizado o programa EXCEL™, em conjunto com a extensão denominada MOMENTO. Esta extensão foi desenvolvida pelo Dr. Paulo Giannini, docente do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Os gráficos também foram obtidos pelo programa EXCEL™.

### 3.4 GEOPROCESSAMENTO

O geoprocessamento foi utilizado para auxiliar a sistematização das informações e a análise e interpretação ambiental dos processos estudados, procurando atingir os objetivos referentes ao diagnóstico da interação entre a ocupação urbana e a dinâmica natural, a avaliação dos impactos ambientais decorrentes desta interação e mapeamento das áreas de risco.

As atividades de geoprocessamento podem ser divididas em duas fases:

- I. Construção do banco de dados georrefenciados (BDG): nesta fase foram armazenados, de forma sistemática, todos os dados que serviram de base cartográfica ou que foram gerados como pesquisa deste trabalho. Os dados armazenados a este BDG, apresentaram-se em quatro formatos estruturais distintos: i) estrutura raster, para as imagens “escanerizadas” de mapas, fotos aéreas e fotos oblíquas; ii) estrutura vetorial para os arquivos de mapas que foram digitalizados e/ou convertidos para o programa ARC/INFO™; iii) formato *shapefile*, específico para os arquivos voltados à objetos que foram usados no programa ArcView™; e iv) dados de atributos, que descrevem informações particulares dos elementos geográficos, podendo ser numéricos ou alfanuméricos e armazenados em tabelas de atributos que apresentam-se de forma interativa com os elementos geográficos. As imagens “escanerizadas” dos mapas e fotos-aéreas passaram pelo processo de georreferenciamento no programa ARC/INFO™ (fig. 3.4a). O processo de georreferenciamento de uma imagem com o ARC/INFO™ se



dá em duas fases: a primeira fase estabelece as relações entre o sistema de coordenada da imagem (linhas e colunas) e o sistema de coordenadas do mapa (x, y) através do comando *register*, identificando pontos de controle em uma imagem que são correspondentes aos mesmos pontos em um mapa digital com coordenadas conhecidas (ESRI, 2000). Pelo menos três pontos na imagem são necessários para o registro, sendo que neste trabalho foram usados entre 10 e 15 pontos para cada foto. Os valores dos pontos de controle são calculados em uma *affine transformation* e armazenados em um arquivo chamado *world file*.

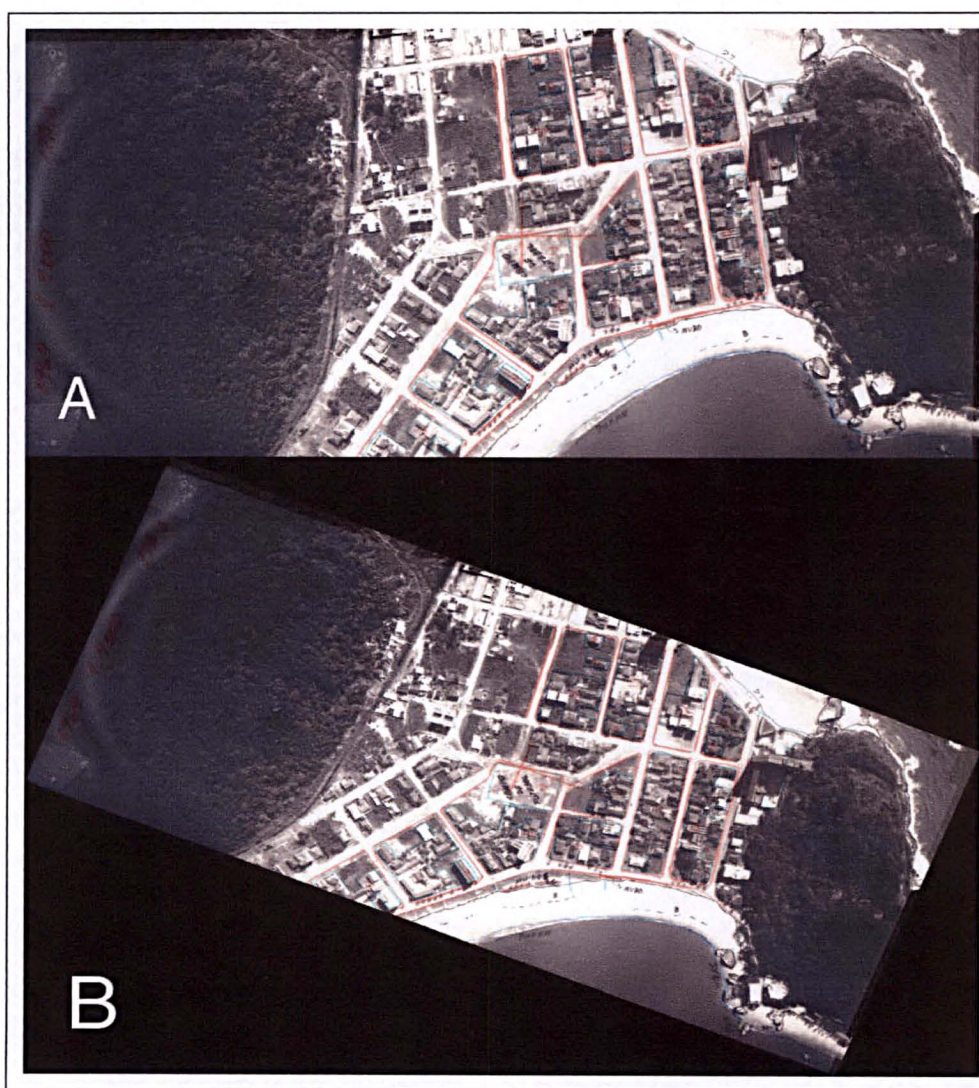


Figura 3.4a: Foto escanerizada (A) e após o processo de georreferenciamento (B).

A segunda fase é realizada com o programa *rectify* e destina-se a aplicar a transformação, contida nos parâmetros armazenados no *world file*, à imagem. O *rectify* cria uma nova imagem podendo rotacioná-la e/ou escaloná-la. No ajuste da



transformação dos pontos de registro ocorrem erros que são conhecidos como erros de RMS (*Root Mean Square*) ou erros de registro de pontos. Esses erros representam as distorções que existem entre as locações dos pontos originais e dos novos pontos da imagem e são calculados no processo da transformação (ESRI, 2000). Como fonte de coordenadas utilizou-se a base cartográfica do Paraná-Cidade, por generalização cartográfica em escala 1:10.000, com restituição de fotos aéreas em escala 1:8.000 e sobrevôo de 1997. A projeção adotada foi a Universal Transversal de Mercator (UTM), com datum horizontal SAD69. Em seguida, passou-se à vetorização das informações contidas nos *overlays* fotointerpretados através da digitalização pelo método *heads up*\* no ARC/INFO™, tendo ao fundo a imagem de foto aérea georreferenciada que contém os dados a serem digitalizados (fig. 3.4b).

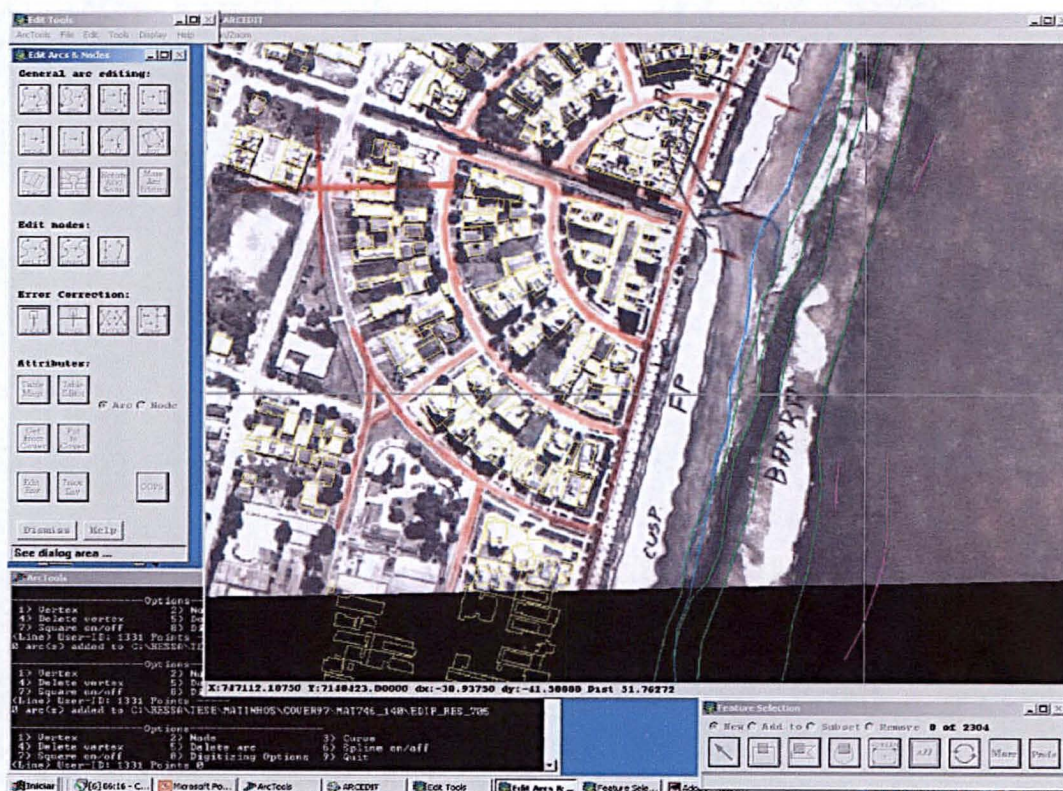


Figura 3.4b: Digitalização *heads up* em foto aérea escaneizada e georreferenciada.

A base cartográfica, contendo as informações da infra-estrutura urbana em 1997 encontrava-se originalmente em formato DXF e foi convertida ao formato ARC/INFO™ e ArcView™. Os dados de plotagem de perfis também fizeram parte deste BDG e

\* Digitalização direta na tela do monitor, sem utilização de mesa digitalizadora.

também foram convertidos para os formatos ARC/INFO™ e ArcView™, possibilitando a realização do cálculo de volume praial.

Todas as informações advindas das fotointerpretações ou da base cartográfica foram plotadas em mapas que se encontram referenciados nas descrições de cada praia.

Com relação ao georreferenciamento das fotos aéreas no ARC/INFO™, deve-se fazer algumas ressalvas. O trabalho aqui realizado refere-se a um mapeamento temático sobre a dinâmica natural e antrópica que ocorreu, ocorre e está ocorrendo na região sul do litoral paranaense. As escalas das fotos aéreas trabalhadas foram de 1:25.000 para os anos de 1954 e 1980, 1:4.000 de 1969 e 1:8.000 de 1997. O mapeamento cartográfico digital do Paraná-Cidade, fonte dos dados de coordenadas para os pontos de controle do georreferenciamento, encontra-se, por generalização, na escala 1:10.000. Considerou-se esta escala apropriada para este trabalho devido às diferenças entre as escalas das fotos: 2,5 vezes maior que a escala 1:25.000, 2,5 vezes menor que a escala 1:4.000 e 0,8 vez menor que a escala 1:8.000. Deve-se levar em conta que esta última serviu de base para a restituição dos dados contidos no mapeamento cartográfico da região, apresentando um nível de detalhe muito bom para este trabalho.

No ARC/INFO™ recomenda-se que para manter uma alta precisão dos dados geográficos, os erros cometidos com posicionamento dos pontos de controle (RMS – *Root Mean Square*), deveriam ficar em torno 0,004 polegadas, ou até 0,008 polegadas para dados com menor precisão (ESRI, 2000). Ressalta-se que estes valores referem-se às unidades da carta topográfica, sendo que para a base cartográfica adotada, 0,004 polegadas representam 0,0001016 m. Assim sendo, na escala 1:25.000 os valores aceitáveis seriam de 2,54 m, na escala 1:8.000 de 0,8128 m e na escala 1:4.000 de 0,4064 m. Para 0,008 polegadas, esses valores dobrariam.

Desta forma, os valores obtidos com os cálculos de transformação no ARC/INFO™ para este trabalho (tab. 3.4) apresentaram-se, de uma forma geral, satisfatórios.. Para as fotos de 1969, os valores foram elevados se comparados aos outros períodos mas, segundo a ENGEMAP (2003), o erro nesta escala poderia chegar a 1,2 m para Erro Padrão (EP) e 2,0 m para o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC). O EP consiste no erro aceitável para elementos isolados e o PEC no erro total, sendo que para estes limites, pode-se concluir que as fotos de 1969 teriam uma exatidão aceitável para o trabalho. Para a Praia de Brejatuba, mesmo utilizando os limites de EP e PEC, os valores se mostraram elevados para 1954 (9,68 m) e para 1969 (4,02 m).

Tabela 3.4: Valores de erro médio quadrático (RMS), obtidos no ARC/INFO™ para o georreferenciamento das fotos aéreas.

Praia	Período	Escala	Erro médio quadrático (m)			
			Média (m)	Desv. Padrão	Min. (m)	Max. (m)
Central/Flamingo	1954	1:25.000	2,33	--	--	--
	1969	1:4.000	1,28	--	--	--
	1980	1:25.000	1,16	--	--	--
	1997	1:8.000	1,63	0,1588	1,44	1,83
Caiobá	1954	1:25.000	2,74	0,5798	2,33	3,15
	1969	1:4.000	1,60	0,3268	0,99	1,94
	1980	1:25.000	1,56	--	--	--
	1997	1:8.000	1,75	0,1160	1,61	1,90
Mansa	1954	1:25.000	3,15	--	--	--
	1969	1:4.000	1,65	0,2828	1,45	1,85
	1980	1:25.000	1,49	0,0990	1,42	1,56
	1997	1:8.000	1,77	0,2458	1,49	1,93
Prainha	1954	1:25.000	2,14	--	--	--
	1980	1:25.000	1,42	--	--	--
	1997	1:8.000	1,36	0,5111	0,62	1,80
Caieiras	1954	1:25.000	2,74	0,8485	2,14	3,34
	1980	1:25.000	1,16	0,3677	0,90	1,42
	1997	1:8.000	0,46	0,2250	0,20	0,62
Guaratuba	1954	1:25.000	3,34	--	--	--
	1980	1:25.000	0,90	--	--	--
	1997	1:8.000	0,45	0,1723	0,20	0,56
Brejatuba	1954	1:25.000	9,68	7,7076	3,34	19,65
	1969	1:4.000	4,02	3,8184	0,53	6,72
	1980	1:25.000	0,83	0,2483	0,55	1,03
	1997	1:8.000	0,66	0,1583	0,25	0,89

Obs.: Os campos marcados com -- indicam que existe apenas uma foto aérea cobrindo a praia.

No entanto, os valores de erros mais altos devem-se às fotos que se sobrepõem à área sul desta praia, que elevou os valores de média e desvio padrão, tornando os resultados da fotointerpretação não confiáveis para esta porção da praia (tab. 3.4). Na parte norte os valores mostraram-se aceitáveis, situando-se entre 3,34 e 3,86 m nas fotos de 1954 e 0,53 e 2,65 m nas fotos de 1969. Esta diferença pode ser explicada por estas fotos serem de épocas em que não havia infra-estrutura, edificações ou elementos geográficos que pudessem servir de pontos de controle para o georreferenciamento, o que pode ser

corroborado pelos bons valores das fotos de 1980 e 1997, quando já existia elementos de infra-estrutura e edificações que puderam servir como pontos de controle.

- II. **Análise e interpretação ambiental:** com o uso das informações do BDG, passou-se aos trabalhos de operações espaciais através da integração e cruzamento dos dados gráficos e de atributos, permitindo a obtenção de novos dados que puderam auxiliar nas análises da dinâmica costeira e da evolução da ocupação urbana. Através da sobreposição das fotointerpretações, foram feitas medições de avanço e recuo da linha de costa para cada praia da área de estudo. Os valores dessas medições, que se encontravam em unidade de área ( $m^2$ ), foram plotados em tabela no programa EXCEL™, onde puderam ser produzidos gráficos para melhor compreensão do processo de recuo/avanço da linha de costa. Para obtenção de dados que pudessem ser avaliados, comparados e, desta forma, indicar níveis de mobilidade entre as praias estudadas, calculou-se Taxa de Variação de Linha de Costa (TVLC), dividindo-se o saldo das áreas entre recuos e avanços da linha de costa pela extensão de cada praia (m), fazendo-se a medição da TVLC das porções sul e norte de cada praia, para que se pudesse comparar a mobilidade de praia entre elas. Também foram utilizados os recursos do ArcView™ para a medição em mapa das variações de linhas de costa, complementando as análises da mobilidade das praias.

Para o cálculo do volume praial, cada arquivo de perfil em gráfico foi convertido em uma *coverage*\*, passando pelo processo de cruzamento espacial com a *coverage* de outro perfil subsequente e medindo-se em área os segmentos indicativos de erosão e deposição que se encontrava na tabela de atributos. O valor em área foi multiplicado por um metro linear, resultando no volume praial. Esses dados foram levados ao programa EXCEL™ para compor tabelas e gráficos que auxiliaram na interpretação do balanço sedimentar em relação aos vários períodos levantados.

Também foram realizadas estimativas do volume praial para os períodos entre as fotos aéreas (54-69, 69-80, 80-97 e 54-97), a partir da integração do perfil médio de cada local de medição, com as variações da linha de costa no local. Para todos os perfis praias medidos de um determinado local, foi obtido um perfil médio com auxílio do BMAP™ (*Beach Morphology Analysis Package*), versão 2.0, programa desenvolvido pelo *Costal Engineering Research Center*, Mississippi. Partindo do pressuposto de que o

---

\* Formato de armazenamento de dados do ARC/INFO para os arquivos de mapas.



perfil médio também representava o perfil característico da praia de cada época das fotos aéreas, utilizou-se o programa ArcView™ para se fazer sua duplicação e estabelecer o volume praial a partir da distância entre as linhas de costa, tal como o exemplo da figura 3.4c.

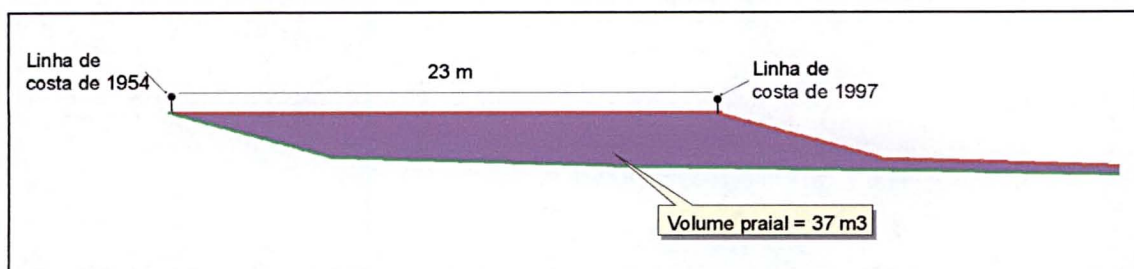


Figura 3.4c: Representação esquemática para obtenção do volume praial entre as épocas de linha de costa.

### 3.5 DIAGNÓSTICO DA INTERAÇÃO ENTRE A OCUPAÇÃO URBANA E A DINÂMICA NATURAL

A partir dos resultados das sobreposições de temas de geomorfologia, variações de linha de costa, avanço da ocupação urbana sobre a face de praia e volume praial, realizou-se uma avaliação entre a interação da ocupação urbana e a dinâmica natural das praias.

A partir dos dados e das análises ambientais obtidas, fez-se um mapeamento e classificação da costa quanto à vulnerabilidade que as praias apresentavam, baseando-se e adaptando-se o método da UNESCO (2000). Este método consiste em mapear as reações expressas diretamente entre a sensibilidade (dinâmica natural) do ambiente estudado e os fatores de risco (atividade humana). A sensibilidade do ambiente é definida como a habilidade do meio em resistir à deterioração de suas características naturais, junto com a capacidade de resistência ao stress (resiliência). Para este trabalho, os níveis de sensibilidade do ambiente referem-se à mobilidade de cada praia que é expressa pelas variações da linha de costa e que foram medidas através da TVLC, complementando-se com os dados de balanço sedimentar. Os fatores de risco dependem das atividades humanas e, neste caso, estão relacionados às invasões sobre as áreas de praias, seja com obras de estruturas urbanas, como ruas, calçadões, ou muros, ou com construções de residências.

A figura 3.5 expressa a estrutura organizacional em que foram inseridas as fases do processo metodológico. Na fase de coleta de dados, foram levantadas informações que se relacionavam com os objetivos deste trabalho, como geomorfologia, sedimentologia, usos

(urbanização e turismo) e deterioração (erosão). O cruzamento destas informações resultou no mapeamento e classificação do nível de vulnerabilidade das praias estudadas, possibilitando a identificação das zonas problemáticas.

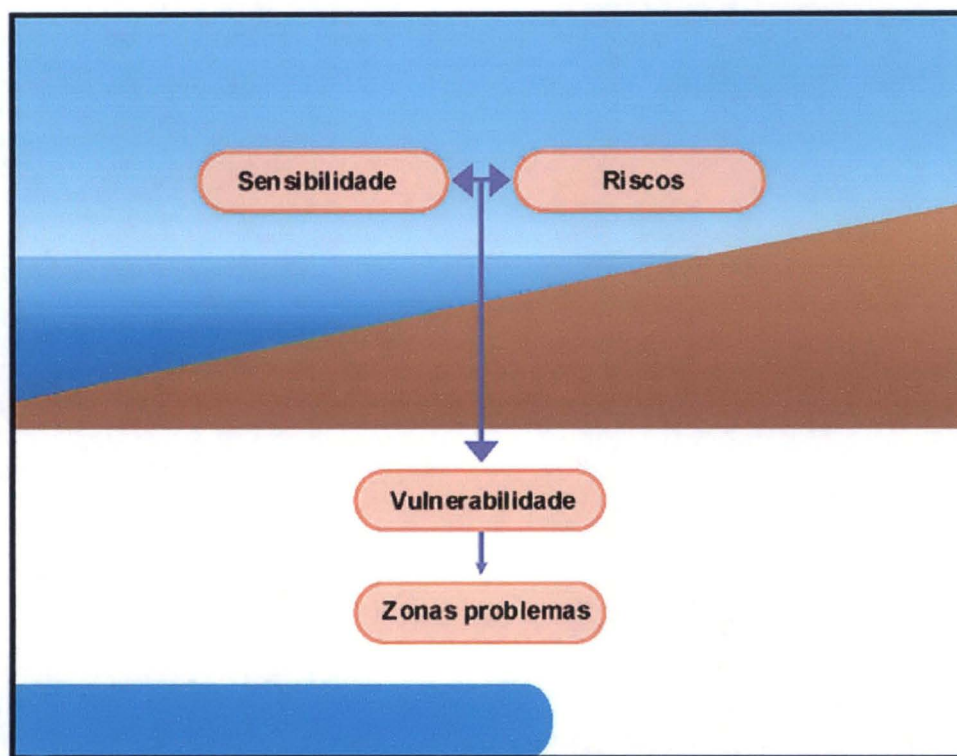


Figura 3.5: Fases do processo metodológico para obtenção de mapa com áreas de vulnerabilidade ambiental (modificado de UNESCO (2000)).

As fases deste processo podem ser caracterizadas da seguinte forma:

- ✓ Determinação da sensibilidade: este cruzamento de informações levou em conta que um alto nível de sensibilidade de um setor da praia estaria relacionado aos parâmetros estatísticos da TVLC e do balanço sedimentar medido e estimado. Para a TVLC geral de todas as praias, o processamento estatístico básico dos dados resultou em uma média de 12 m, com desvio padrão de 32 e para o balanço sedimentar a média foi de 0,05 m<sup>3</sup>, com desvio padrão de 45. Assim sendo, praias que apresentaram setores com TVLC acima de 44 m, foram consideradas de alta mobilidade (sensibilidade), assim como para o balanço sedimentar acima de 45 m<sup>3</sup>;
- ✓ Determinação dos riscos: refere-se ao mapeamento de todas as formas de intervenção humana, tais como as edificações, infra-estrutura urbana (calçadões, muros de gabião, espigões, arruamentos, etc.);
- ✓ Determinação da vulnerabilidade: com o auxílio do programa ArcView™ fez-se a sobreposição dos temas de mobilidade da praia com as intervenções humanas e,

juntamente com análises visuais sobre os resultados destes cruzamentos em mapas, verificou-se que houveram interseções de áreas urbanas sobre as faces de praia (fator de risco) em locais de alta mobilidade, resultando em setores de alta vulnerabilidade. A média vulnerabilidade limitou-se aos setores que tem alta sensibilidade, mas sem intervenção humana, enquanto que a vulnerabilidade muito alta representa um setor de alta vulnerabilidade, mas já apresentando um impacto ambiental configurado, dependendo das análises de informações do campo. Este último estaria indicando uma zona problema. Com a identificação dos setores de vulnerabilidade, também se pode obter a área de edificações que se encontravam sobre as faces de praia.

## 4. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA

### 4.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área de estudo encontra-se na região litorânea do Paraná, está situada nos municípios de Matinhos e Guaratuba e faz parte do entorno da Baía de Guaratuba, localizando-se entre as coordenadas geográficas 48° 31' - 48° 44' W e 25° 48' - 25° 58' S. Dista da cidade de Curitiba cerca de 120 km, limitando-se ao norte com a ponta de Matinhos e ao sul com a Barra do rio Saí-Guaçu, onde faz divisa com o Estado de Santa Catarina (fig. 3.2). Está restrita à orla litorânea e possui uma extensão de aproximadamente 22 km, excetuando-se as margens da baía.

As estradas pavimentadas existentes na área são a BR 277 que liga Curitiba-Paranaguá, a PR 508 que liga a BR 277 a Matinhos e a PR 412 que liga Garuva (SC) a Guaratuba.

Além da travessia de Ferry-boat entre Caiobá e Guaratuba, ocorrem também várias estradas vicinais e caminhos utilizados para acesso às propriedades e comunidades locais.

No interior da Baía de Guaratuba o acesso pode ser feito por barco, podendo se locomover também entre os rios mais largos como os rios São João, Cubatão e Boguaçu.

### 4.2 CLIMA

Segundo IPARDES (1995), os centros de ação atmosférica que atuam no Brasil Meridional são os anticiclones subtropicais do Atlântico e do Pacífico, o anticiclone Migratório Polar e o centro de baixa pressão, denominado Depressão do Chaco. A depressão do Mar de Weddel também exerce influência na região sul do Brasil e quando reforçada pela Frente Polar Atlântica, atrai os sistemas intertropicais em direção ao Pólo Sul (fig. 4.2)



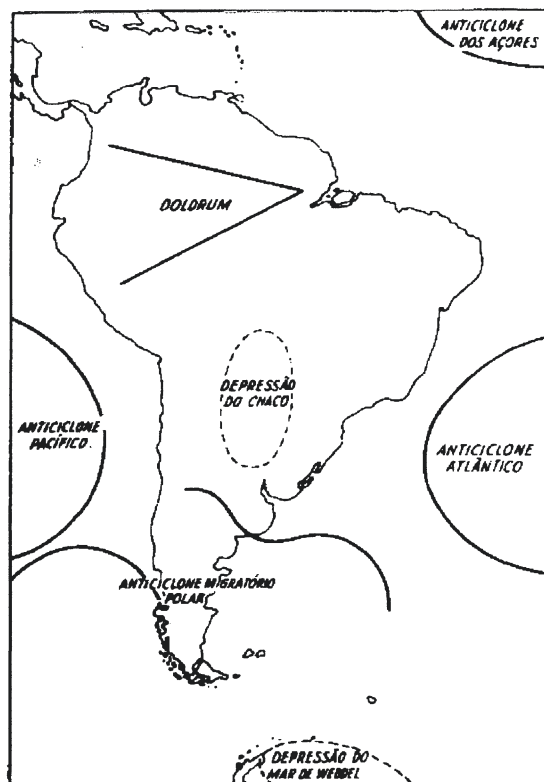


Figura 4.2a: Centros de ação que controlam as condições meteorológicas do sudeste e do sul do Brasil (Fonte: BIGARELLA *et al.*, 1978)

Segundo a classificação de Köppen, existem dois tipos climáticos na região litorânea do Paraná:

- ✓ **Cfa**: subtropical úmido mesotérmico e verão quente. O mês mais frio tem temperatura média entre  $-3^{\circ}\text{C}$  e  $18^{\circ}\text{C}$ , e o no mês mais quente a temperatura média é superior a  $22^{\circ}\text{C}$ . Está sujeito a geadas pouco frequentes, as precipitações são regulares todos os meses do ano e não apresenta estação seca definida.
- ✓ **Cfb**: subtropical úmido mesotérmico, com verão fresco. O mês mais frio tem temperatura média inferior a  $18^{\circ}\text{C}$  e o mais quente, temperatura média inferior a  $22^{\circ}\text{C}$ . Está sujeito à precipitações regulares todos os meses, as geadas são severas e não apresenta estação seca.

Especificamente sobre a área de estudo, ocorre apenas o tipo Cfa.

Quanto à pressão atmosférica, nos meses de inverno a região do litoral paranaense tem predomínio das massas de ar subtropical de pressão alta do anticiclone do Atlântico Sul, apresentando valores superiores a 1.018 mb. Nos meses de verão esses valores caem para menos de 1.015 mb.

No mês de janeiro, os ventos predominantes sopram de nordeste (ciclone tropical), ocorrendo com menor intensidade os ventos imperiódicos do anticiclone do Atlântico Sul e

ventos alísios, ambos provenientes de sudeste. No mês de julho predominam os ventos do anticiclone do Atlântico Sul e da Frente Polar (sudoeste). De acordo com os dados da Estação de Morretes, no período de 1966-83 foi constatado que 69,2% dos ventos sopraram do quadrante sudeste e 30,8% do nordeste. Quanto à velocidade dos ventos, as medições realizadas na Estação de Morretes apresentaram uma média anual de 5 km/h, sendo que os valores máximos mensais não ultrapassaram 6,1 km/h (IPARDES, 1995).

A temperatura média estimada na região litorânea do Paraná, mais especificamente na porção sul, fica em torno de 21,3°C, enquanto que a temperatura média máxima pode atingir 28,8°C e a temperatura média mínima 15,2°C.

Segundo IPARDES (*op. cit.*), o maior volume de chuvas na planície litorânea ocorre nos meses de verão, decrescendo gradualmente até os meses de inverno. A precipitação máxima, num período de 24 horas, geralmente ocorre com maior frequência e volume no verão, variando entre 50 e 400 mm, com média de 100 mm. A média de dias com chuva, no período de 1975 a 1984, ultrapassou 170 dias com chuva por ano, com boa distribuição ao longo do ano.

Quando do início deste trabalho, em julho de 1998, estava havendo o término de um episódio do El Niño. Em meados do ano seguinte deu-se início ao episódio La Niña, durando até meados de 2001 e ocorrendo com uma intensidade moderada. La Niña, ou episódio frio do Oceano Pacífico, é um fenômeno oceânico-atmosférico que se caracteriza por um resfriamento anormal nas águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical. Durante este episódio, os ventos alísios são mais intensos que a média climatológica. Em geral, o episódio começa a se desenvolver em meados de um determinado ano, atingindo sua intensidade máxima no final daquele ano e dissipando-se no final do ano seguinte (fig. 4.2b) (CPTEC, 2002 e SIMEPAR, 2003).

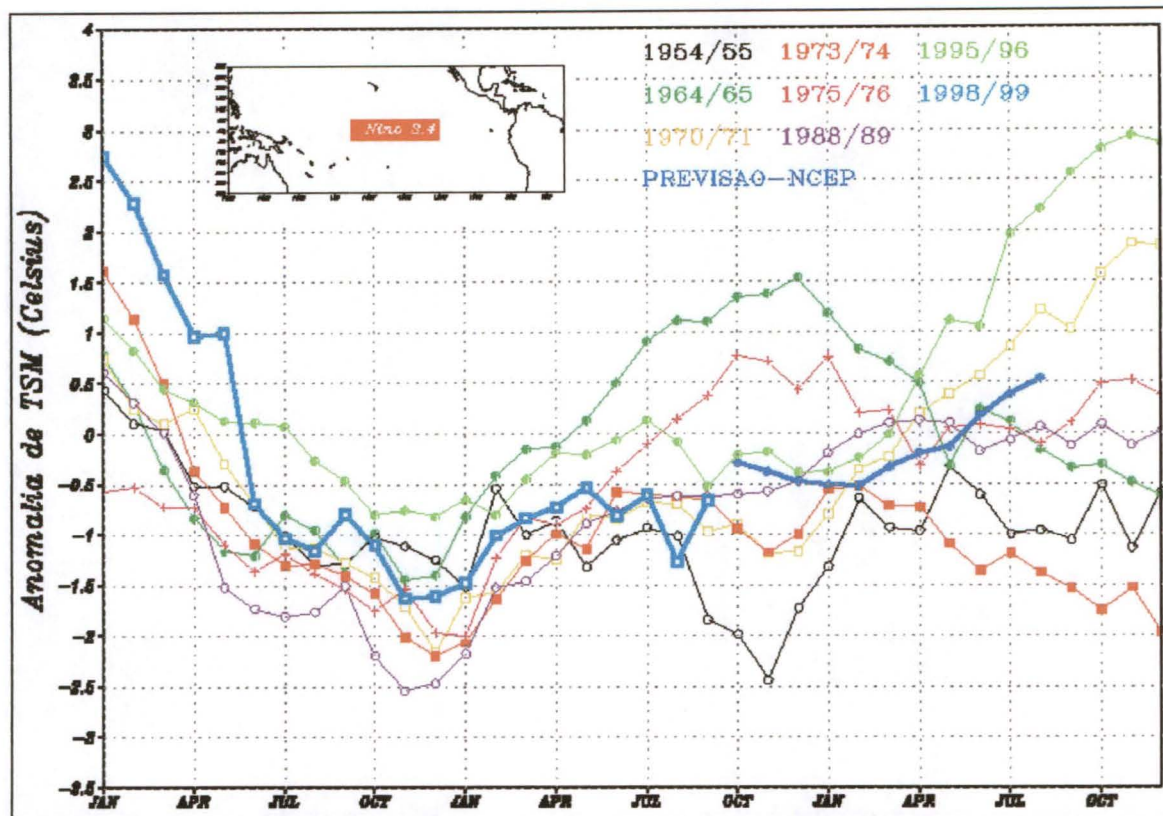


Figura 4.2b: Evolução da anomalia de temperatura da superfície do mar (TSM) em anos de La Niña, Fonte: CPTEC/NOAA (2003).

Segundo CPTEC (2003), os eventos de La Niña ocorridos no passado mostram uma maior variabilidade nas características de tempo e clima, quando comparados aos eventos de El Niño que apresentam um padrão mais consistente. Os principais efeitos do La Niña que ocorrem no Brasil são:

- ✓ Passagens rápidas de frentes frias sobre a Região Sul, com tendência de diminuição da precipitação nos meses de setembro a fevereiro;
- ✓ Temperaturas próximas da média climatológica ou ligeiramente abaixo da média sobre a Região Sudeste, durante o inverno;
- ✓ Chegada das frentes frias até a Região Nordeste, principalmente no litoral da Bahia, Sergipe e Alagoas;
- ✓ Tendência de chuvas abundantes no norte e leste da Amazônia;
- ✓ Possibilidade de chuvas acima da média sobre a região semi-árida do Nordeste do Brasil.

### 4.3 ONDAS

Segundo KOMAR (1983) as ondas são as principais responsáveis pela erosão costeira, tendo uma importância singular nos processos de dinâmica e gerenciamento costeiros. No entanto, existem poucos dados sobre ondas no litoral brasileiro e, especificamente sobre a área de estudo, as informações de clima de ondas são escassas.

Para GOBBI (1997), o clima de ondas na região sul do Brasil depende do padrão de ventos do Atlântico Sul, através dos centros de baixa e alta pressão, sendo que no hemisfério sul os centros de alta pressão provocam ventos no sentido anti-horário (anticiclones) e os de baixa pressão no sentido horário (ciclones). Este sistema seria responsável pela geração de ondas de grande porte, mas GOBBI (*op. cit.*) indica que no litoral sul do Brasil não ocorrem incidências de grandes ondas, o que pode ser explicado pela presença de sistemas frontais (frentes frias), que se deslocam pela região sul e sudeste do Brasil durante todo ano e com maior intensidade no inverno, gerando centros de baixa pressão (ciclones).

Seguem abaixo resultados de medições de ondas em áreas adjacentes à área estudada, como litoral sul do Estado de São Paulo, praia de Leste no Paraná (ilha de Currais) e região costeira de São Francisco (SC).

Na ilha de Bom Abrigo, litoral sul do Estado de São Paulo, no período de 01 de setembro de 1955 a 31 de janeiro de 1959, a GEOBRÁS (1966 *apud* GOBBI, 1997) realizou medições visuais do clima de ondas e constatou que 36,7% das ondas tiveram direções originadas no quadrante SE, período médio de 8,8 s e altura média de 1,6 m. Quanto à altura das ondas, 90% das medições se situaram entre 0,5 e 2,0 m, sendo que as alturas entre 0,5 e 1,0 m foram predominantes de direção leste, enquanto que as alturas entre 1,5 e 2,0 m foram predominantes em direções S-SE.

Através de dados obtidos de ondógrafo instalado pelo Instituto de Pesquisas Hidroviárias (INPH), entre a ilha de Currais e o canal da Galheta, no período de abril de 1972 e março de 1973, BANDEIRA (1974) concluiu que:

- ✓ O período médio das ondas foi de 3 a 10 s e o período mais freqüente foi de 6 s;
- ✓ A altura significativa de ondas foi de 0,8 m;
- ✓ As ondas são mais longas entre abril e agosto e mais curtas entre setembro e março;
- ✓ As ondas são mais altas entre julho a dezembro;
- ✓ A altura máxima ( $H_{max}$ ) foi de 1,0 m com 12,09% e a altura significativa ( $H_s$ ) de 0,8 m com 15,34%, em profundidade de 10 m;
- ✓ A direção de incidência mais freqüente ao ano foi de 120°SE com 14,48%.

O INPH também realizou medições de ondas na ilha de Currais, entre 01 de setembro de 1982 e 31 de agosto de 1983, apresentando os seguintes dados (NATEEC, 1994 *apud* GOBBI, 1997):

- ✓ As direções de ondas predominantes foram provenientes de E-SE;
- ✓ As alturas máximas de ondas de maior ocorrência situaram-se entre 1,1 e 1,6 m;
- ✓ As alturas significativas de ondas de maior ocorrência variaram entre 0,5 e 1,0 m;
- ✓ Houve predomínio de ondas com período médio entre 6 e 9 s;
- ✓ Foram mais frequentes as ondas com período de crista entre 3 e 6 s.

Em estudo estatístico sobre o clima de ondas de todo o globo terrestre, através de observações visuais em navios no alto mar, HOGBEN (1986 *apud* GOBBI, 1997) indica um período médio das ondas de 7,19 a 7,64 s e altura média de 2,06 a 2,27 m.

Também na ilha de Bom Abrigo, TESSLER (1988) analisou os dados obtidos por uma bóia de medição de ondas, instalada entre 01 de março de 1968 e 01 de agosto de 1969 e observou a existência de ondas incidentes apenas nos rumos 75°NE e 20°SW, sendo que 89,2% destas foram originadas no quadrante SE, com predomínio de incidência das ondas entre os rumos 10°SE e 30°SE.

TESSLER (*op. cit.*) verificou através de fotos-aéreas a ocorrência simultânea de dois trens de ondas: um no quadrante S-SE que seria o responsável pela deriva litorânea para NE e outro no quadrante E-SE, responsável pela deriva para SW. O autor também constatou que os sistemas de propagação de ondas no litoral sul do Brasil estão vinculados a seus centros de geração em áreas oceânicas distantes, independentes das direções dos ventos locais.

Para a região costeira da ilha de São Francisco (SC), ALVES (1996), analisando dados obtidos de medições com ondógrafo fundeado a 18 m de profundidade e a 2 km da costa, constatou que as ondas dominantes se originam das direções leste-sudeste, com período de 8 a 10 s e com alturas menores que 1 m. O valor médio da altura significativa foi de 1,03 m, o período de pico foi de 8,85 s e a direção dominante foi de 113,87° (leste-sudeste).

#### 4.4 MARÉS

As marés da região costeira paranaense são do tipo semidiurna, com nível médio de 0,84 m e amplitudes máximas em torno de 1,7 m (fig. 4.4), caracterizando um regime de micromarés (DHN, 2001).

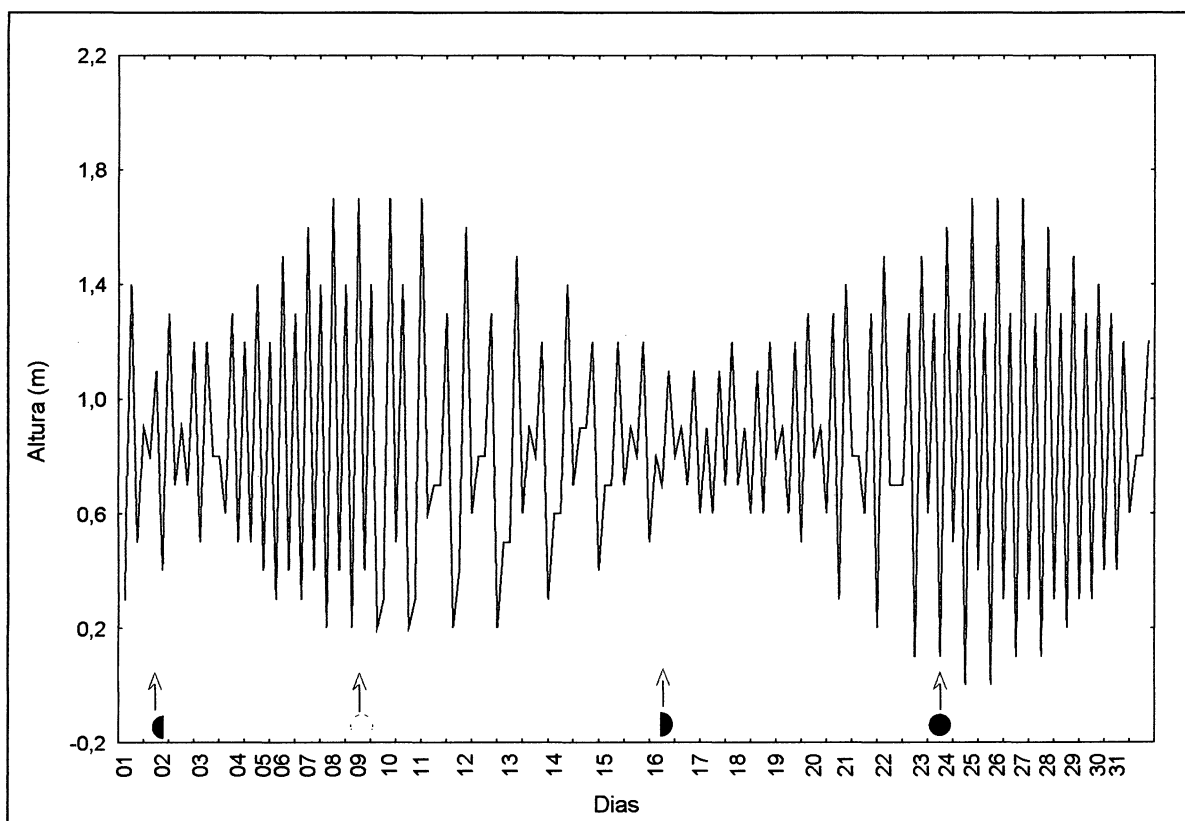


Figura 4.4: Forma semidiurna das marés na barra do Porto de Paranaguá (Canal da Galheta) – Janeiro de 2001 (DHN, 2001).

Analisando dados de maregramas do Porto de Paranaguá, ANGULO (1992) concluiu que as marés são mistas com predomínio de semidiurnas, mas com existência de uma maré secundária com período menor. Verificou também que as amplitudes de maré foram maiores no interior da Baía de Paranaguá (178 cm) e menores em Pontal do Sul (145 cm), mostrando efeito de amplificação comum em estuários e baías. As diferenças de altitudes entre os níveis máximos e mínimos também foram maiores no interior da baía, com 3 m na região do Porto de Paranaguá e 2,8 m em Pontal do Sul.

Outro tipo de maré que ocorre na região do litoral paranaense é a meteorológica. Esta se dá por fatores meteorológicos, como frentes frias com ventos fortes, causando alterações significativas nas amplitudes de marés (MARONE & CAMARGO, 1994). Quando essas marés coincidem com as marés astronômicas mais altas (sizígia), podem ocorrer as

chamada “ressacas”, que são episódios erosivos de grande intensidade (CALLIARI *et al.*, 1996).

#### 4.5 CARACTERÍSTICAS DE OCUPAÇÃO

Assim como outras regiões costeiras do Brasil, o litoral do Estado do Paraná também apresenta problemas devido à ocupação urbana desordenada, principalmente entre as décadas de 70 e 80, quando o crescimento urbano foi bastante acentuado nesta região.

Os primeiros colonos europeus que se tem notícia na região eram portugueses e ficaram estabelecidos na Ilha de Superagüi em 1545 e na Ilha da Cotinga entre 1550 e 1560. Não se aventuravam ao continente devido ao medo que tinham dos índios Carijós que habitavam as praias. Quando o contato com os índios foi estabelecido, os colonos deram início à construção do povoado de Paranaguá. Guaratuba<sup>1</sup> começou a ser povoada em 1656 e foi elevada à vila em 1771 como o nome de São Luís de Guaratuba (BIGARELLA, 1991). Em 1938, o município de Guaratuba foi extinto através do decreto-lei estadual nº 7573, passando à distrito de Paranaguá e, somente em 1947, foi restaurado de novo a município (PARANÁ, 1975).

Após 1850, imigrantes europeus, principalmente italianos, fixaram-se na região para trabalhar em atividades agrícolas. Em 1925, os descendentes da miscigenação entre portugueses e indígenas formavam a maioria da população residente nas planícies de Matinhos (BIGARELLA, *op. cit.*).

Historicamente, o primeiro relato sobre o reconhecimento da zona costeira do Paraná é de Saint-Hilaire em 1820, que partiu de canoa de Paranaguá até Pontal de Paranaguá (atual Pontal do Sul) e seguiu de carro de boi até a “Baía de Caiobá”. Nesta época já havia uma pequena vila na margem sul da baía de Guaratuba, que deveria ser a Vila de Caieiras (SAINT-HILAIRE, 1820 *apud* SOARES *et al.*, 1997).

Em 1926, foi aberta a Estrada do Mar (atual PR 407), que possibilitou um rápido aumento demográfico na região de Matinhos, principalmente na formação de novas vilas de pescadores. Apesar da conservação desta estrada ter sido responsável pela destruição da maioria dos sambaquis da região, sua construção foi importante para o desenvolvimento do turismo aos recém criados balneários de Praia de Leste, Matinhos e Caiobá, e facilitando o acesso à Guaratuba. Matinhos e Caiobá só foram descobertos pelos curitibanos na metade da

---

<sup>1</sup> O nome de Guaratuba é de origem tupi-guarani (“guara” = espécie de pássaro que existia na região; “tubá” = muito)



década de 20, sendo a maioria de origem germânica. Estes “banhistas” iam às praias somente nas férias de inverno, entre junho e julho, pois havia muita preocupação com a malária no verão (BIGARELLA, 1991).

Apesar de construída a Estrada do Mar, o “caminho da praia” ainda foi muito utilizado até a década de 40, seguindo o trajeto usado por Sain-Hilaire em 1820 e se tudo ocorresse bem, este percurso levava cerca de 10 horas para ser transcorrido. Somente em 1942 foi aberta a estrada que liga Caiobá a Matinhos (BIGARELLA, 1991).

Segundo SOARES *et al.* (1997), a ocupação da orla litorânea nos municípios de Matinhos e Guaratuba só foi significativa a partir de 1950, quando se tornaram atraentes como locais de veraneio.

Utilizando a técnica de “leitura do espaço”<sup>2</sup>, DESCHAMPS *et al.* (2001) estudaram a imigração e aglomeração urbana em municípios do litoral paranaense e constataram que a ocupação contínua dos municípios de Guaratuba, Matinhos e Pontal do Paraná, como balneários tradicionais, e por Paranaguá, como pólo regional de função portuária, tiveram crescimento na aglomeração litorânea de 2,7 % a.a. entre 1970/80, para 5,1 % a.a. entre 1991/96. Reproduzindo o comportamento padrão das aglomerações brasileiras, os balneários no Paraná é que apresentaram as taxas mais elevadas de crescimento (entre 10 e 11 % a.a.) e não o pólo (2,97 %), chegando aos anos 90 entre os maiores do Estado. Os autores também verificaram vetores de ocupação contínua de toda orla, desde a Baía de Paranaguá até a divisa com Santa Catarina (fig. 4.5).

Esses vetores foram caracterizados em função dos seguintes fenômenos:

- ✓ Expansão e densificação da linha de costa por edifícios e parcelamentos voltados ao uso sazonal de veranistas de média e alta renda;
- ✓ Renovação de uso em áreas até então ocupadas por colônias de pescadores, sejam na costa, substituídas por ocupação de veranistas, sejam nas margens das baías e rios, com a presença de pequenas marinas;
- ✓ Densificação das ocupações de baixa renda já existentes e avanço de novas ocupações em direção a áreas menos qualificadas no interior dos municípios, dentre as quais se distinguem ocupações legais de loteamentos regulares, ocupações ilegais em loteamentos vazios ou adentrando áreas ambientalmente vulneráveis;

---

<sup>2</sup> A “leitura do espaço” é uma técnica de análise do processo de ocupação e uso do solo urbano, que usa dados secundários, imagens de satélite e entrevistas de campo.

- ✓ Mudança no perfil das áreas tradicionalmente ocupadas, com a chegada de moradores de renda média, alguns à procura de instalar “negócios”, outros na busca de melhorar a “qualidade de vida” (DESCHAMPS *et al.*, 2001).

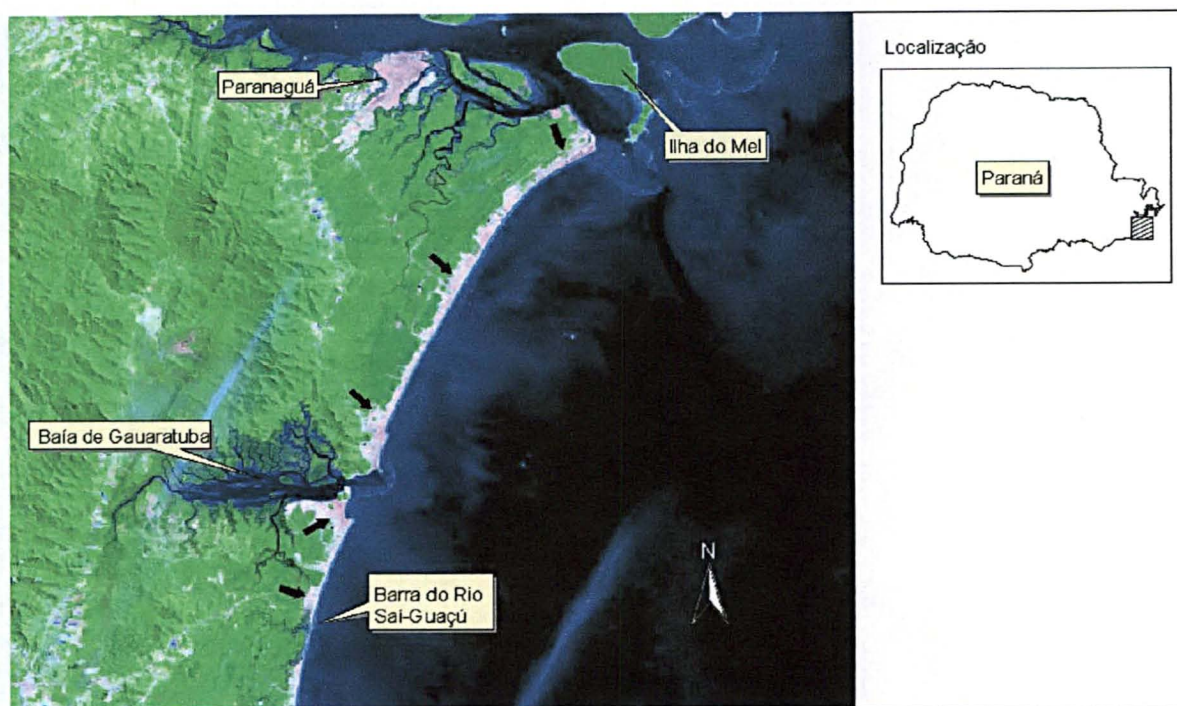


Figura 4.5: Imagem de satélite Landsat 7 do litoral sul do Paraná, bandas 3, 4 e 5, com passagem em julho de 1999. As setas indicam as áreas de ocupação na orla.

O elevado crescimento populacional na região do litoral sul do Paraná, deve-se preferencialmente à densificação e expansão das ocupações de baixa renda, sendo que a falta de políticas públicas propiciou que essa população ocupasse informalmente a região, ocasionando a formação de espaços com baixa qualidade de vida e elevado comprometimento ambiental.

Quanto à dinâmica migratória, Guaratuba é o município que apresentou o maior incremento no número de imigrantes, passando de 2.216 para 10.040 nos períodos de 1986/91 e 1991/96. Matinhos também apresenta alto incremento migratório, passando, nestes períodos citados, de 3.311 para 5.844. A distribuição regional destes imigrantes mostra uma tendência de concentração nas áreas ao sul de Guaratuba, no Balneário Coroados (DESCHAMPS *et al.*, 2001).

## 5. TRABALHOS PRÉVIOS

### 5.1 DINÂMICA DE PRAIA

Estudando praias localizadas ao sudeste da Austrália, WRIGHT *et al.* (1979) apresentaram características de sistemas praias predominantemente refletivos, onde a energia das ondas é refletida na face de praia e predominantemente dissipativos, onde a energia das ondas se dissipa sobre a extensa zona de surfe. Os autores se basearam nas variações morfodinâmicas a partir de análises em fotografias aéreas e reconhecimento visual sistemático de um grande número de praias na região. Os sistemas refletivos se caracterizam por faces de praia íngremes e lineares, com areia grossa, bermas bem desenvolvidas e praias em cúspides. Nas porções superiores da praia e relacionadas às ondas de tempestades, ocorrem cúspides largamente espaçadas, enquanto que nas porções médias da face praial encontram-se cúspides menores geradas por ondas em condições de baixa energia. Os sistemas dissipativos ocorrem em costas de mar aberto, com praias côncavas, zona de surfe com baixa declividade e largura entre 50 e 500 m. Topograficamente as praias dissipativas mostram-se muito mais complexas e variadas do que as praias refletivas, contendo freqüentemente uma ou mais barras na zona de surfe e calhas rasas que se encontram entre as barras e a face de praia. Embora os sistemas dissipativos sejam mais comuns em ambientes de alta energia, praias dissipativas de baixa energia também são comuns. Ao contrário das praias refletivas, nas praias dissipativas as cúspides estão ausentes. As praias refletivas e dissipativas representam, respectivamente, episódios de intensa deposição e erosão, havendo entre elas outros quatro estados morfodinâmicos que dependem da abundância e tamanho dos grãos de areia na face litorânea e antepraia e do clima de ondas.

Utilizando os parâmetros de declive da praia, altura e comprimento da onda, GALVIN (1968 *apud* HOEFEL, 1998) classifica os modos de quebra das ondas em:

- ✓ Progressiva ou deslizante - baixa declividade;
- ✓ Mergulhante - declividade moderada à alta;
- ✓ Ascendente – declividade muito baixa, não chega a quebrar interagindo com o refluxo das ondas;
- ✓ Frontal – alta declividade, é intermediária entre mergulhante e ascendente.

Segundo WRIGHT (1981), a probabilidade de uma praia ser erodida depende do estado morfodinâmico modal, já que para um mesmo clima de ondas incidindo em praias de

estados diferentes deverá causar erosão em algumas praias e deposição em outras. As praias dissipativas representam o extremo erosivo na seqüência do modelo morfodinâmico, havendo estoque de sedimentos na zona de surfe e, desta forma, apresentando-se com menor probabilidade à erosão. Para que haja erosão nestas praias, a energia deve ser maior do que nas praias refletivas.

SHORT (1985), a partir das condições energéticas antecedentes, classificou as correntes de retorno em *rips* erosivas, megarips e *rips* acrescivas. As *rips* erosivas ocorrem em condições de aumento de energia de onda, são bem espaçadas entre si (300-500 m), são temporárias e representam mecanismos primários de transporte de sedimentos da face praial para o mar, podendo atingir até 1000 m de comprimento. As megarips são erosivas de larga escala (espaçamento > 1000 m), são controladas topograficamente e persistindo em eventos de energia crescente. As *rips* acrescivas existem em condições de energia estável ou declinante, usualmente sucedendo as *rips* erosivas, são menos espaçadas (170-250 m) e podem permanecer estáveis de dias a semanas.

Através da morfologia das praias e zonas de surfe, SHORT (1981) classificou os modos de interação entre ondas e praias em três níveis de energia (quadro 5.1a).

Quadro 5.1a: Modos de interação entre ondas e praias em ambientes de micromarés (SHORT, 1981)

<b>Energia de ondas (altura de quebra das ondas em m)</b>	<b>Dinâmica da zona de surfe, a partir do parâmetro de surfe (GUZA &amp; INMAN, 1975)</b>	<b>Morfologia da praia e zona de surfe</b>
Alta (>2,5)	Dissipativa ( $\epsilon < 20$ )	Canais e barras paralelas à linha de costa, baixo gradiente da praia, circulação normal e/ou de mega correntes de retorno
Moderada (1-2,5)	Intermediária ( $2,5 < \epsilon < 20$ )	Correntes de retorno, barras crescentes, megacúspides
Baixa (<1)	Refletiva ( $\epsilon < 2,5$ )	Face de praia íngreme, bermas, refletividade das ondas na face de praia.

Em estudos sobre as interações entre ondas, praias e dunas, SHORT & HESP (1982) examinaram três zonas de interação: 1) a transformação da energia de ondas através da zona de surfe e da face litorânea (*nearshore*); 2) a resposta das costas arenosas a esta transformação, particularmente nas geoformas da praia e da zona de surfe; e 3) a função dos ventos no transporte para a costa da areia trazida pelas ondas.

A mobilidade de uma praia pode ser definida como o movimento normal da linha de costa e medida a partir do desvio padrão da posição média da linha de costa e a mobilidade de pós-praia (*backshore*) definida como o coeficiente de variação da posição média da linha de costa (DOLAN, 1978 *apud* SHORT & HESP, 1982). Para SHORT & HESP (1982) as

praias com alta mobilidade indicam alta suscetibilidade aos processos de erosão e deposição e apresentam mais variedades de geoformas do que uma praia com baixa mobilidade.

Segundo SHORT & HESP (1982) as praias dissipativas são uma resposta às condições de ondas altas, com abundante disponibilidade de areias finas a médias. Possuem face de praia e zona de surfe largas, com baixo declive e linha de costa com pouca ou moderada estabilidade, indicando uma baixa mobilidade. A mobilidade de praias intermediárias varia entre moderada a alta e moderada a baixa, sendo que as correntes de retorno são um importante elemento de controle do processo erosivo de uma praia. Nas praias refletivas as erosões são freqüentes, mas de extensão e duração limitadas. A recuperação da praia é rápida e a duna frontal, embora ocasionalmente escarpada, permanece quase sempre estável.

O transporte eólico de areias para o continente é a função do volume da areia disponível na praia, a forma e tamanho da parte subaérea da praia e a natureza do fluxo aerodinâmico através da praia. Assim, a característica da morfologia ou topografia subaérea da praia tem um efeito bastante pronunciado sobre volume e a taxa de transporte eólico de sedimentos (SHORT & HESP, 1982). As praias dissipativas por serem largas e normalmente planas, têm um mínimo de perturbação do vento que transporta a areia para o continente, apresentando um alto poder de transporte. A morfologia de praias intermediárias varia muito e depende do estado modal em que se encontram e da forma e volume da areia armazenada na praia. A morfologia de praias refletivas é caracterizada por uma face de cúspide/berma escarpada; a velocidade do vento aumenta rapidamente nas partes superiores da face da berma. Assim, o transporte de areia eólico varia de acordo com a morfologia, gradiente e largura da praia. Em praias dissipativas ocorrem menos perturbações do fluxo, em praias intermediárias as perturbações variam entre moderada e baixa dependendo do perfil da praia, e nas praias refletivas ocorre mais perturbação do fluxo eólico de areia. Assim sendo, o potencial de transporte eólico é maior em praias dissipativas do que em praias refletivas e, conseqüentemente, as dunas frontais podem ser maiores em praias dissipativas, de tamanho moderado em praias intermediárias e pequenas em praias refletivas. Buscando uma classificação para a interação entre as praias, ondas e dunas, SHORT & HESP (*op. cit.*) concluíram que as praias em estado modal dissipativo caracterizam-se por alta energia de ondas, ampla zona de surfe, com barras e canais paralelos a linha de costa, baixo gradiente da praia, face de praia larga de baixa mobilidade, mínima perturbação ao fluxo do vento, alto potencial de transporte eólico das areias e dunas frontais grandes; as praias de estado modal intermediário são características de energia de onda moderada, sendo que a morfologia é

complexa, podendo variar entre os estados dissipativos e refletivos, com a mobilidade da praia tendendo de moderada a alta e moderada com declínio da energia da onda, a perturbação ao fluxo do vento aumenta com o aumento do gradiente da praia e o potencial de transporte eólico e tamanho da duna frontal diminuem com as praias tendendo de estado dissipativo para refletivo; as praias em estado modal refletivo caracterizam-se por baixa energia de ondas, zona de surfe estreita, face de praia curta e inclinada, baixa mobilidade de praia emersa, alta perturbação no fluxo de ventos, potencial de transporte de areias por ventos e ondas muito baixo e dunas frontais pequenas.

Praias dissipativas podem existir em estado modal de baixa energia de ondas, com zona entre-marés larga e baixa inclinação da praia e zona de surfe, sendo que o potencial de transporte eólico de areias é menor do que em praias dissipativas de alta energia. As praias refletivas também podem existir com areia fina e baixa energia de ondas, assim como em ambientes de alta energia de ondas e com areia grossa.

A morfologia e estabilidade de uma duna frontal estão intimamente relacionadas com a morfologia da praia. A estabilidade da duna frontal varia como moderada (praias dissipativas de alta energia), baixa (praias intermediárias de alta energia) e alta (praias refletivas e intermediárias de baixa energia). Em escala global, o desenvolvimento de dunas de tamanho moderado é característico de praias intermediárias com energia moderada, como na costa leste da Austrália, sul do Brasil e Argentina (SHORT & HESP, 1982).

O balanço sedimentar a que uma praia está sujeita consiste basicamente no resultado entre a contribuição (crédito) e a perda (débito) de sedimentos. A erosão da praia está relacionada ao déficit de seu balanço sedimentar e as avaliações a respeito deste, normalmente estão associadas aos impactos causados pelo homem (KOMAR, 1983).

WRIGHT & SHORT (1983) afirmaram que para o entendimento do processo erosivo de uma praia, é necessária a análise das relações entre as escalas, frequências e intensidades dos modos de movimento da zona de surfe e a morfologia que se encontra herdada de condições prévias. A morfologia de uma praia é função das características sedimentares, do clima de ondas imediato e antecedente, das condições de maré e vento e do estado antecedente da praia. Analisando-se uma praia por um período mais longo, ela tenderá a apresentar um estado mais recorrente ou modal. A mobilidade de uma praia é o resultado da inter-relação da variação temporal dos estados de praia com a variação de linha de costa e o perfil praiial.

As praias de estado modal intermediário são, espacialmente e temporalmente, mais dinâmicas que os estados extremos, sofrendo rápidas mudanças na altura de ondas e no

transporte longitudinal e transversal de sedimentos sobre a costa (WRIGHT & SHORT, *op. cit.*).

Através de um sistema de mapeamento para fotografias aéreas (*orthogonal grid mapping system* – OGMS), DOLAN & HAYDEN (1983) mediram as taxas médias de variações da linha de costa e a posição e distância das penetrações de sobrelavagem (*overwash*) em cerca de 1300 km de costa, entre os estados de Nova Jersey e Carolina do Sul (E.U.A.). Concluíram que as taxas de mudança da linha de costa variaram entre 3,0 m/ano para erosão e 1,0 m/ano para acreção, com uma média de 0,6 m/ano; e que as medidas obtidas em local específico (perfil praial) sobre a linha de costa ou taxas de sobrelavagem foram representativas de aproximadamente 500 m ao longo da costa. Os erros nas obtenções das medidas, com fotografias aéreas de escala 1:5000, chegaram a 12,5 m, ficando usualmente em torno de 6,3 m.

Baseados em análises da morfologia praial por observações visuais e fotografias aéreas, de medições de correntes na zona de surfe, de registros visuais e com instrumentos do clima de ondas e de perfis praias com intervalos, no mínimo, mensais, WRIGHT & SHORT (1984) criaram um modelo evolutivo de seis estados morfodinâmicos para uma série de praias australianas, com regime de micro-marés:

- ✓ Dissipativo: com zonas de surfe muito desenvolvidas devido à incidência de ondas de alta energia e/ou de granulometria fina. As praias possuem declives suaves, a arrebentação é deslizante e, normalmente, não ocorrem correntes de retorno muito persistentes;
- ✓ Intermediário: barra e cava longitudinais: o relevo barra-cava é mais pronunciado que no estado dissipativo. Localmente ocorre refletividade na porção proximal do perfil. Ocorrem pequenas correntes de retorno e grandes cúspides (100-300 m) são comuns na face praial;
- ✓ Intermediário: barra e praia rítmicos: apresenta barras e praias com morfologia rítmica, em crescente e é comum a presença de fracas correntes de retorno;
- ✓ Intermediário: barra transversal e *rip*: as barras em crescente passam a se soldar com a praia, formando barras transversais. Fortes correntes de retorno são comuns, assim como megacúspides na face praial;
- ✓ Intermediário: crista e canal/terraço de maré baixa: apresenta um perfil com pouco declive na maré baixa (dissipativo) e íngreme na maré alta (refletivo). Podem ocorrer fracas correntes de retorno;



- ✓ Refletivo: a quebra das ondas ocorre diretamente na face praial, sendo comum a presença de cúspides e berma bem desenvolvida. A porção subaquosa do perfil apresenta-se com relevo linear de alta declividade. Geralmente a granulometria é grossa.

Segundo WRIGHT & SHORT (1984), os estados intermediários são morfodinamicamente mais complexos e menos estáveis que os estados extremos, apresentando grande variabilidade do clima de ondas atuante no sistema. Dependendo dos parâmetros naturais que incidem com maior frequência, cada praia apresenta um estado morfodinâmico mais característico, sendo definido como estado modal. A morfologia de uma praia não está apenas relacionada aos sedimentos, clima de ondas, marés e parâmetros climáticos, mas também, no estado morfodinâmico antecedente.

Com relação à mobilidade morfológica de praias, WRIGHT *et al.* (1984) verificaram que, após variações energéticas, o desenvolvimento completo do estado praial se deu em um período de sete dias.

As variações morfológicas de escala anual em praias, podem ser atribuídas a movimentos longitudinais de sedimentos junto à costa, enquanto que as de escala temporal mais curta, devem-se aos movimentos transversais, são alterações de alta frequência e de altas energias (LIPPMAN & HATHAWAY, 1993).

SANDERSON *et al.* (2000) estudando a variação regional da morfologia costeira no sudoeste da Austrália, verificaram que a morfologia das geoformas costeiras é determinada predominantemente por refração de ondas através de promontórios e ilhas e que a configuração da linha de costa e as zonas de deposição de sedimentos respondem rapidamente às mudanças ocorridas nos regimes de ondas da zona próxima à costa (*inshore*), como resultado de alteração da topografia de recifes. Segundo os autores, a variabilidade na configuração da linha de costa estaria mais intimamente relacionada ao impacto de eventos extremos e às características geológicas de cada local, do que às mudanças no regime de ondas. SANDERSON *et al.* (*op. cit.*) realizaram uma classificação para planícies de dunas frontais, baseada na localização geográfica: embaíamento (*embayments*) onde o sedimento é transportado por deriva litorânea e acumulados em baías, inserções (*insets*) que são acumulações de dois a cinco cordões litorâneos e as pontas cuspidadas em que as cristas de dunas frontais acham-se em proeminentes ou pequenas pontas que são formadas por difração de ondas em ilhas ou recifes.. Para os autores, a localização das planícies de dunas frontais está relacionada à geomorfologia costeira e de costa afora (*inshore*), ao suprimento de



sedimentos e aos processos costeiros (ondas e correntes longitudinais). Em regiões onde o fornecimento de sedimento é abundante e ocorre proteção à costa por recifes, ilhas ou promontórios, o sedimento deve ser acumulado e transportado costa adentro. Quanto à morfologia e às características sedimentares das praias, SANDERSON *et al.* (*op. cit.*) classificam-nas em seis morfotipos (quadro 5.1b). A morfologia desses morfotipos de praia deve ser conceituada segundo suas dimensões e declives, sendo que as praias planas e íngremes correspondem, respectivamente, com as praias dissipativas e refletivas.

Quadro 5.1b: Morfotipos de praias que ocorrem no sudoeste da Austrália (modificada de SANDERSON *et al.* (2000)).

Morfotipos de praia	Características morfológicas	Características sedimentares
Côncava	Antepraia íngreme, decréscimo uniforme da curvatura da praia com o distanciamento da costa, zona de surfe relativamente plana, praias pequenas, face praial estreita (< 10 m), zona de espraçamento < 5 m	Alta diversidade de sedimentos, areia pobre a muito bem selecionada, tamanho médio de grão 0,26 mm, permeabilidade $0,007 \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$
Íngreme	Face praial íngreme e linear, zona de surfe íngreme, em geral as dimensões são grandes, distância > 40 m entre a crista de berma até a primeira quebra de ondas	Areias moderadamente bem selecionadas, tamanho médio de grão 0,56 mm, permeabilidade $0,018 \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$
Plana	Dimensões amplas, zona de costa afora plana, zona de surfe e antepraia largas, perfil geralmente uniforme	Areia muito bem selecionada, tamanho médio de grão 0,18 mm, permeabilidade $0,005 \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$
Moderadamente côncava	Similar às praias côncavas, mas com declive e concavidade menores para zona de costa afora, esta é pequena, zona de espraçamento < 10 m, zona de surfe < 15 m	Areia moderadamente bem selecionada, sedimentos homogêneos, tamanho médio de grão 0,26 mm, permeabilidade $0,005 \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$
Moderadamente íngreme	Zona de costa afora linear e íngreme, ampla face de praia (15-25 m), bermas consideravelmente altas, zona de espraçamento larga (média de 10 m)	Areia moderadamente bem selecionada, tamanho médio de grão 0,35 mm, permeabilidade $0,01 \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$
Muito íngreme	Zona de costa afora muito estreita, face praial relativamente íngreme, presença de degrau muito largo no nível de maré baixa	Sedimentos bem selecionados, tamanho médio de grão 0,36 mm, permeabilidade $0,014 \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$

Em estudo sobre as dunas costeiras da Nova Zelândia, HESP (2000) verifica que os processos operantes na zona de surfe e na praia, são os que mais influenciam na formação e dinâmica das dunas costeiras arenosas, sendo que a interação entre ondas, correntes e declive da superfície marinha, determina a quantidade de areia disponível para a formação de praias e dunas. Segundo o autor, as bermas são mais bem pronunciadas em praias sujeitas à micro-marés em estados intermediários e geralmente ausentes em praias dissipativas. Especificamente sobre as dunas frontais (*foredunes*), formadas paralelas às linhas de costa, HESP (*op. cit.*) as subdivide em incipientes e estabelecidas. As primeiras formam-se devido à

presença de vegetação que age na redução da velocidade do vento. A areia que é transportada por este é gradualmente depositada e confinada sob as plantas (HESP, 1999). Podem apresentar-se em três tipos morfológicos: rampas, terraços e cordões (HESP, 1989), sendo que a forma e o desenvolvimento de uma duna frontal incipiente dependem onde ela foi iniciada, densidade, altura e cobertura da vegetação, velocidade do vento, taxa de transporte da areia e taxa de progradação da praia. As dunas frontais estabelecidas desenvolvem-se a partir de dunas frontais incipientes que se estabilizam e são gradualmente colonizadas por espécies de plantas que toleram as condições de estabilidade. O desenvolvimento e evolução das dunas estabelecidas dependem do suprimento de areia, grau da cobertura vegetal, tipos de espécies vegetais, taxa de acresção e erosão do vento, força do vento, frequência e magnitude de ondas, escarpa da duna, processo de sobrelavagem (*overwash*), tipo da zona de surfe, estado da praia (estável, erosiva ou acresciva), e interferência humana. Deve-se salientar que a altura e a largura de uma duna frontal continuam a crescer se houver disponibilidade de areia e não houver erosão pelo vento e/ou ondas de tempestade. Havendo progradação da linha de costa, a duna frontal deve isolar-se da deposição de areia pela formação de uma nova duna frontal. Os padrões de deposição e erosão da areia são altamente influenciados pela velocidade do vento, topografia da duna frontal e cobertura vegetal (HESP, 1988). A sistemática de progradação da praia por dezenas a milhares de anos conduz ao desenvolvimento de amplas planícies de dunas frontais, onde estas se tornam isoladas do processo de acresção e erosão pelo desenvolvimento de novas dunas frontais incipientes e tornando-se dunas frontais estabelecidas.

Associada às dunas costeiras é comum haver a presença de bacias de deflação (*blowouts*), sendo depressões que ocorrem geralmente onde haja redução da cobertura vegetal das dunas e subsequente erosão pelo vento (HESP, 2000). Esta redução da vegetação pode ser por intervenção humana ou por causas naturais. Estas podem se dar por: i) erosão causada pelas ondas de tempestade seguida de desestabilização das escarpas das dunas e erosão eólica das áreas sem vegetação; ii) por erosão eólica em eventos de muita energia dos ventos em partes da duna com pouca ou nenhuma vegetação; iii) erosão pela água em dunas com vegetação espaçada; e iv) inundação de areia durante tempestades, causando enterro e morte da cobertura vegetal.

Para HESP (*op. cit.*), as dunas com suas coberturas vegetais ajudam a preservar os “caracteres naturais” do ambiente costeiro e a perda da vegetação nativa pode causar a introdução de espécies exóticas inapropriadas, tanto no aspecto paisagístico como de fixação das dunas. A importância principal das dunas costeiras, está no fato de servirem como

aparador flexível contra a erosão costeira e como reservatório de areia para longos períodos de erosão, agindo também como filtro que mantém a qualidade da água em aquíferos da região costeira e como fonte para a educação ambiental e ecoturismo.

## DINÂMICA DAS PRAIAS NO SUL DO BRASIL

ANGULO (1993c) verificou que entre 1960 e 1977 a erosão que ocorreu na Praia Mansa havia removido mais de 120 m em algumas áreas, enquanto que em outras praias ocorria deposição como Pontal do Sul e mesmo a Prainha que é vizinha à Praia Mansa.

Estudando a morfologia e a gênese das dunas frontais do litoral paranaense, ANGULO (1993a) notou que os sedimentos costeiros foram depositados em um sistema de planície costeira com cordões litorâneos (*strand-plain*) e um sistema estuarino. Na planície com cordões estariam incluídos os sedimentos da face litorânea (*shoreface*), praia e dunas frontais. Particularmente entre Pontal do Sul e o Rio Saí-Guaçu, ANGULO (*op. cit.*) verificou que os depósitos eólicos eram mais desenvolvidos e que o processo de urbanização do litoral já destruiu grande parte deles. Os cordões litorâneos “mais antigos” (BIGARELLA *et al.*, 1969) são normalmente retilíneos, ocorrem mais internamente e paralelos à linha de costa, podendo ter extensões de até 15 km, com largura entre 20 e 80 m e altura entre 3 e 6 m. A cobertura vegetal desses cordões é densa, constituída por árvores de porte médio e arbustos. Em direção ao mar ocorrem cordões mais baixos, com alturas entre 3 e 4 m, são mais sinuosos e apresentam vegetação menos desenvolvida e densa que o cordão anterior, distribuindo-se de forma descontínua. Especificamente na região da Barra do Saí, ANGULO (*op. cit.*) verificou a existência de cordões de baixa altura, com perfil convexo e largura em torno de 10 m e também observou que erosões parciais causadas por ondas de tempestade em dunas frontais incipientes, resultam em declives mais acentuados na face voltada para o mar. Cordões com esta forma também foram encontrados na região da Barra do Saí.

Buscando classificar os cordões costeiros do litoral paranaense, ANGULO (1993a) agrupou-os em dois grupos: cordões desenvolvidos e cordões incipientes ou embrionários (TOMAZELLI, 1990). Os cordões desenvolvidos correspondem ao que HESP (1988) chamou de dunas frontais estabelecidas (*established foredunes*), e os cordões incipientes se equivalem às dunas frontais incipientes (*incipient foredunes*). Com relação ao transporte eólico, em Pontal do Sul apenas os ventos de sul e sudeste atingem velocidades superiores a 8 m/s, efetivas para o transporte de areia e formação das dunas. A incidência maior de ventos com velocidades superiores a 6 m/s e 12 m/s ocorrem na primavera, quando também se tem

uma precipitação relativamente baixa, havendo maior disponibilidade de areia seca. Sendo assim, a primavera seria a estação mais profícua para transportes de areia mais efetivos. Todas as dunas frontais se desenvolveram através da fixação da vegetação, sendo que nas dunas incipientes a cobertura vegetal é esparsa, constituída principalmente por *Sporobolus* que apresentam pouca penetração nas dunas, sem perturbar suas estratificações.

Para ANGULO (1993a), as dunas frontais acompanham as mudanças de direção da linha de costa e não estão relacionadas à direção dos ventos dominantes, o que evidencia que se formaram junto à linha de costa e não sofreram migração. O autor também sugere que, a partir da configuração que se encontravam as dunas frontais, a região apresenta-se como uma costa em progradação. As variações relativas do nível do mar e o regime de precipitações e ventos, seriam as variáveis que poderiam agir significativamente na origem das dunas frontais estabelecidas, podendo inclusive impedir sua formação. Na planície litorânea do Paraná foram encontrados “cordões dunares” até 1500 m a partir da linha de costa.

Utilizando o parâmetro  $\Omega$  de DEAN (1973) para identificação do estado morfodinâmico da praia no momento da observação, em praias localizadas na região de Cabo Frio (RJ), MUEHE (1998) concluiu que os resultados apresentaram-se insatisfatórios, principalmente em estados dissipativo e intermediário. O mesmo ocorreu quando da utilização da técnica proposta por KLEIN (1997), que substitui o parâmetro sedimentar pela declividade ( $\beta$ ) da face praial na equação de Kriebel. Assim sendo, MUEHE (*op. cit.*) propôs uma caracterização do estado morfodinâmico a partir da comparação entre os parâmetros da onda na zona de espraçamento na face da praia com os parâmetros da onda na zona de arrebenção mais externa. Os parâmetros utilizados neste sistema foram a altura e período das ondas.

Segundo ANGULO (1993b), as praias paranaenses de mar aberto possuem um equilíbrio dinâmico, não apresentando variações significativas. O autor também classificou a costa paranaense com referência às variações de linha de costa: estáveis ( $< 10$  m), moderadamente instáveis (algumas dezenas de metros) e instáveis (várias dezenas de metros). Desta forma, a Praia Brava de Caiobá apresentou uma costa moderadamente instável com predomínio de erosão nas últimas quatro décadas, a Praia Mansa instável com predomínio de erosão, a Prainha mostrou-se instável com predomínio de acreção nas últimas quatro décadas, a Praia de Caieiras seria instável com predomínio de erosão na parte norte e predomínio de acreção na parte sul, a Praia de Guaratuba apresentou-se moderadamente instável e a Praia de Brejatuba estável.

Baseando-se no contexto geomorfológico e na dinâmica natural das praias paranaenses, ANGULO & ARAÚJO (1996) classificaram-nas em estuarinas ou protegidas, oceânicas ou de mar aberto e de desembocaduras. Para a área estudada ocorrem as praias oceânicas (Parte norte de Caiobá, parte central e sul de Guaratuba e a praia de Brejatuba) e de desembocadura (Parte sul de Caiobá, Mansa, Prainha, Caieiras, parte norte de Guaratuba e barra do Rio Saí-Guaçu).

Estudando as praias do Município de Itapoá (SC) entre os anos de 1996 e 1998, SOUZA (1999) verificou que os maiores déficits do balanço sedimentar ocorreram nos períodos de agosto de 1996 a fevereiro de 1997 e setembro de 1997 a fevereiro de 1998, havendo para o saldo geral um predomínio de erosão. Em todo o período de levantamento as variações de linha de costa apresentaram recuo entre 1,20 e 13,65 m, com média de 7,20 m. As praias se apresentaram mais refletivas, com baixa energia de ondas no inverno e mais dissipativas, com alta energia de ondas no verão. SOUZA (*op. cit.*), utilizando o parâmetro  $\Omega_{teórico}$ , proposto por KLEIN (1996) para a determinar o estado morfodinâmico das praias, notou que houve divergência entre este e os resultados da morfologia, concluindo que as características das ondas observadas durante os levantamentos, não foram as mesmas que modelaram as praias. Verificou também que, durante o período de El Niño entre 1997 e 1998, as variações de linha de costa apresentaram recuo mais acentuado que nos outros períodos (-6,26 m). Também ao El Niño foi atribuído o aumento da pluviosidade na região, causando aumento da descarga dos rios e, conseqüentemente, das correntes de maré vazante da Baía de São Francisco (SC). o que provocou o deslocamento do lobo frontal do delta de maré vazante desta baía em direção ao mar. Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (CPTEC/INPE/ELNINO, 2003), o fenômeno de El Niño é responsável pelo aumento de ondas de tempestade provenientes dos quadrantes sul e sudeste que ocorrem na região sul do Brasil.

## 5.2 GERENCIAMENTO COSTEIRO

Realizando pesquisas sobre a viabilidade de controle de erosão nas praias Brava de Caiobá e Guaratuba, técnicos do IPARDES (1981) dividiram as praias estudadas em áreas problemas. Na parte central da Praia Brava de Caiobá, verificaram uma zona bastante crítica com erosão acentuada e sem a presença da face de praia em marés altas normais. Através de fotografias aéreas, notaram que a Avenida Atlântica havia sido construída sobre a pós-praia e que as ondas que atingiam frontalmente a praia nesta área, originavam uma zona de divergência que provocava a retirada de areia para ambos os lados da praia. Também na

porção norte da praia de Guaratuba verificaram a construção de um “calçadão” sobre a face de praia, mas que a principal causa da erosão no local era devido à precariedade das obras de escoamento superficial. Na Prainha, apesar da presença de enrocamentos na frente das residências à beira-mar, ela se encontrava fora do alcance de ação das ondas o que levou os técnicos a concluírem que nesta praia houve ciclos menores de recuo e avanço da linha de costa entre 1953 e 1980. Em menos de 30 anos a Prainha teve uma progradação em torno de 200 m em algumas áreas, sendo que em 1980 elas já haviam sido ocupadas. O referido trabalho ainda faz referência sobre as propostas de construção de gabiões para a contenção das zonas críticas, concluindo que se tratava de uma obra bastante onerosa em comparação aos enrocamentos, além de apresentarem pouca durabilidade e gerarem um aspecto visual bastante artificial, com tendência a piorarem durante a deterioração da obra.

Estudando as consequências da ocupação inadequada nas praias do Paraná, ANGULO (1993c) verificou que, entre 1966 e 1977, já ocorriam construções muito próximas da praia na Barra do Rio Saí-Guaçu. Em alguns pontos as dunas chegaram a ser removidas para aterrar áreas baixas, como lagunas e mangues. Com o uso de fotointerpretação, ANGULO (*op. cit.*) também concluiu que a construção da Avenida Atlântica na Praia de Caiobá não respeitou a configuração natural da praia, onde foram construídos muros e aterros que foram destruídos pela erosão marinha.

MOTTA (1976 *apud* ANGULO, 1993b) verificou que a erosão ocorrida na década de 60 na Praia Mansa, foi causada pela urbanização que ultrapassou os limites da preamar de sizígia e construiu um muro vertical, provocando a reflexão das ondas. ANGULO & ANDRADE (1981) também concluíram que o afastamento das barras frontais de mais de 300 m, em relação à costa, contribuiu para que as ondas alcançassem esta praia com maior energia. Muros verticais e pequenos esporões de gabião, contiveram e recuperaram parcialmente a praia e, até 1982, já haviam sido gastos US\$ 1,3 milhões com as obras para contenção da erosão (LINDROTH, 1982).

Segundo ANGULO (1993b), na década de 70 ocorreu erosão na parte sul da Praia de Caiobá, causada pelo deslocamento da barra transversal do delta de maré vazante da Baía de Guaratuba. Na década de 60 esta barra situava-se bem ao sul da praia, tornando-a bem larga, o que propiciou a urbanização na área de pós-praia. Com o deslocamento da barra para norte, a praia tentou recuperar seu perfil de equilíbrio, tornando necessário a construção de obras de contenção. O mesmo deu-se em 1982 na porção central desta praia, onde ela praticamente desapareceu. Também nesta época deu-se erosão no extremo norte da Praia de Guaratuba e, apesar da construção de calçadão e muros verticais na parte superior da face

praial, ela não foi causada pela dinâmica natural, mas devido ao escoamento superficial das águas juntamente com a precariedade do sistema de drenagem.

Para ANGULO (1993b), as variações da linha de costa no litoral paranaense tem sido rápidas e significativas o suficiente para serem consideradas nos planos regionais de ocupação e planejamento. Também faz algumas sugestões, como o recuo de 100 m para construções em praia que apresentaram variações inferiores a 100 m na variação de linha de costa, não ocupação de áreas que apresentaram grandes variações e daquelas com tendência contínua à erosão.

Na praia de Itapoá (SC), SOUZA (1999) alertou para a erosão costeira e a erosão do escoamento das águas pluviais, que causava perda de áreas urbanizadas com destruição de edificações. Isto se deve, principalmente, à destruição das dunas frontais e posterior ocupação das porções superiores da praia. SOUZA (*op. cit.*) faz uma recomendação, subdividindo em duas áreas de gestão: 1) entre o Rio Sai-Mirim e o Córrego das Palmeiras, considerada uma área de mar aberto, onde se deveria preservar uma faixa de 33 m a partir da linha de preamar, e 2) nas praias sob influência da dinâmica do delta de maré vazante da Baía de São Francisco, consideradas mais instáveis e onde deveria ser preservada uma faixa de, no mínimo, 100 m a partir da linha de costa atual.

São escassos os trabalhos sobre metodologias que identifiquem e/ou classifiquem áreas costeiras segundo problemas de impacto ambiental causados pela intervenção humana sobre a dinâmica natural das praias. Entre os poucos trabalhos sobre o tema, destaca-se o da UNESCO (2000), que desenvolveu um guia para identificação de áreas com vulnerabilidade, sendo que o conceito de vulnerabilidade do ambiente é baseado em noções de sensibilidade do ecossistema e fatores de risco. A sensibilidade do ecossistema é definida como a habilidade deste em resistir à deterioração e a capacidade de resistir ao stress, enquanto que os fatores de risco dependem das atividades humanas na zona costeira, tais como poluição, expansão urbana, excessiva exploração dos recursos naturais disponíveis, etc. As zonas vulneráveis podem ser definidas como zonas em que se cruzam os elementos de sensibilidade e risco, onde os graus de vulnerabilidade dependem dos graus de sensibilidade e risco. Para se fazer uma compilação de mapas de sensibilidade e riscos de um ecossistema, é necessário uma estrutura organizacional, em que estão inseridas fases do processo metodológico (fig. 5.2). Na fase de coleta de dados, foram levantadas informações que se relacionavam com os objetivos deste trabalho, como geomorfologia, sedimentologia, usos (urbanização e turismo) e deterioração (erosão). O processo metodológico descrito foi utilizado para identificação das áreas vulneráveis nas praias estudadas, com adaptações pertinentes ao objeto



de estudo deste trabalho, já que a metodologia original tem diretrizes voltadas à pesquisa da degradação de ambientes marinhos e suas comunidades biológicas. Outro trabalho que merece destaque é o da FAO (1996), que trata sobre a contribuição da ciência ao gerenciamento costeiro integrado. Ressalta-se neste trabalho o conceito sobre conflitos de uso, os quais surgem onde diversas atividades humanas são incompatíveis com as áreas em que se encontram. Este conceito foi também aqui adotado ao conceito de vulnerabilidade das praias.

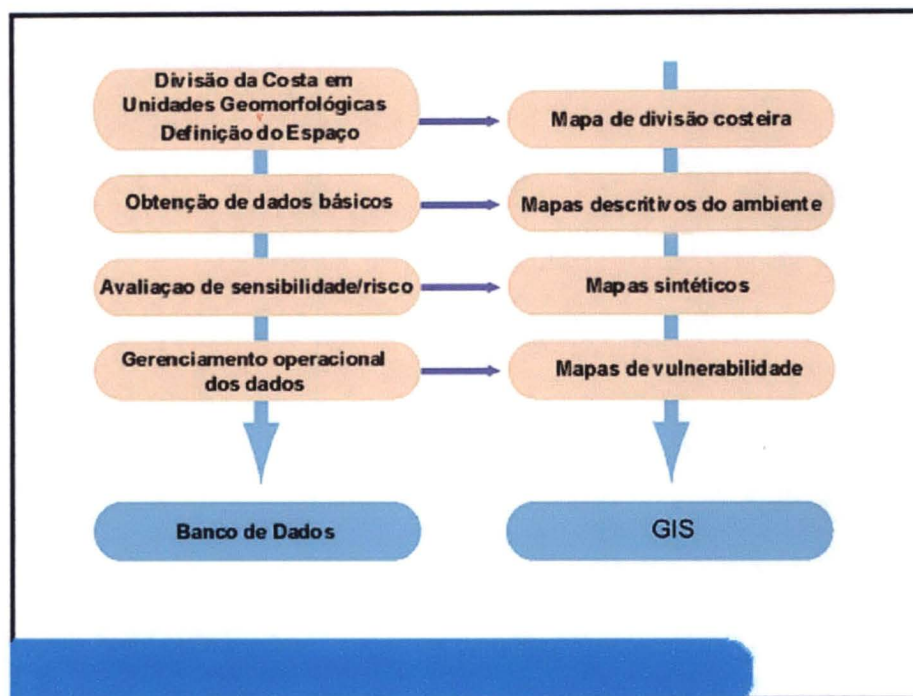


Figura 5.2: Fases do processo metodológico para obtenção de mapa com áreas de vulnerabilidade ambiental (modificado de UNESCO (2000)).

Estudando os fluxos migratórios e as mudanças socioespaciais na ocupação litorânea do Paraná, DESCHAMPS & KLEINKE (2000) identificaram que entre 1991 e 2000 houve uma taxa elevada de crescimento nesta região (3,87 %), com uma contribuição significativa dos municípios de Guaratuba (4,71 %) e Matinhos (8,79 %). A grande parte desse crescimento está relacionada à expansão e densificação das ocupações de baixa renda, sendo que a ausência de políticas públicas de moradia, permite que essa população ocupe informalmente o espaço, acarretando a formação de favelas e invasões, como no caso das porções superiores da praia do Balneário Flamingo.

MOURA & WERNECK (2000) utilizaram a técnica de leitura do espaço para fazer uma avaliação sobre a dinâmica das espacialidades de concentração, que são representadas pelas aglomerações urbanas. A leitura do espaço consiste em uma técnica de análise que



associa a leitura verbal do espaço urbano (infra-estruturas instaladas, como edificações, parcelamentos, usos, composição populacional, etc.) à leitura não-verbal (imagens que assinalam as relações e realizações humanas e seu campo de representações que modelam o cotidiano, expressando-se em intenções e conflitos). Como resultado, MOURA & WERNECK (*op. cit.*) puderam concluir que a ocupação da faixa litorânea do Paraná se dá de uma forma contínua e com tendência a uma densificação ainda maior, causando mudança nas suas características originais, com a urbanização avançando sobre os espaços ambientalmente vulneráveis.

Sobre a ocupação inadequada no litoral paranaense, ANGULO (2000) verificou que na Barra do Saí tem ocorrido uma intensificação da ocupação inadequada, com algumas construções localizando-se muito próximas à praia e em alguns pontos as dunas frontais foram removidas para servir de aterros. O autor ressalta o problema de instabilidade natural da linha de costa, assegurando que mesmo precariamente, o atual conhecimento da dinâmica das praias do Paraná, permite estabelecer faixas de segurança de 50 m para costas mais estáveis e 120 m para costas instáveis.

TOSIN *et al.* (2002) analisaram os impactos ambientais que poderiam advir das obras para recuperação e revitalização das Praias Brava de Caiobá, Central de Matinhos, Balneário Flamingo e Balneário Riviera e da Prainha de Guaratuba. Este projeto consistia na engorda artificial destas praias e na construção de guias-corrente nas desembocaduras do Canal da Praia Brava de Caiobá e do Rio Matinhos. Todas as praias citadas apresentaram problemas de infra-estrutura urbana e ocupação instaladas sobre as áreas de pós-praia, tendo havido destruição das dunas frontais. Na análise que fizeram sobre o projeto, TOSIN *et al.* (2002) constataram que as estimativas de 5 a 10 anos de durabilidade da alimentação artificial na porção norte de Caiobá careciam de mais estudos para que pudessem ser confirmadas. Para resolver os problemas de erosão, os autores sugeriram a construção de quebra-mares semi-submersos.

Realizando estudos sobre a valoração paisagística aplicada ao planejamento ambiental urbano no município de Matinhos, LEAL (2002) elaborou uma metodologia de análise paisagística integrado a um Sistema de Informação Geográfica (SIG), resultando um modelo em *grid* com base em 10 componentes da paisagem: água, faixa de praia, coleta de esgoto, coleta de resíduos sólidos, pavimentação das vias, vegetação, obras irregulares, erosão marinha, publicidade ao ar livre e rede de energia elétrica. Em seu trabalho, LEAL (2002) constatou que a ressaca de maio de 2001 destruiu 19 casas, além das vias e calçadas, ao longo da orla no Município de Matinhos. As obras paliativas como esporões de gabiões e muros

mostraram-se ineficientes para a contenção da energia das ondas, apresentando também um aspecto bastante negativo na paisagem, ainda mais quando em processo de deterioração.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 TERMINOLOGIA DOS AMBIENTES PRAIAIS

A terminologia dos ambientes praias usada neste trabalho baseou-se em ANGULO (1996). Este autor discute a terminologia utilizada para ambientes e subambientes litorâneos clásticos dominados por ondas, apresentados como a transição entre ambientes continentais e marinhos (fig. 6.1). ANGULO (*op. cit.*) define o **litoral** (*shore*) como “a zona que se estende entre o alcance máximo das ondas em direção ao continente e o início da interação das ondas com o fundo”. A **costa** (*coast*) seria a porção que se estende continente adentro a partir do alcance máximo das ondas e o limite entre a costa e o litoral seria a **linha de costa** (*coast line*), podendo existir dunas frontais próximo a esta. Neste trabalho a linha de costa é definida como o final da vegetação em direção ao mar, podendo estar, muitas vezes, estabilizada pela intervenção humana através da construção de muros de concreto ou gabião, como acontece nas praias Central de Matinhos, Caiobá, Mansa, Prainha e Guaratuba.

A **praia** (*beach*), segundo KOMAR (1976) é uma acumulação de sedimentos inconsolidados de tamanhos diversos (areia, cascalho e seixo), que se estende em direção à costa, do nível médio de maré baixa até alguma alteração fisiográfica, como uma falésia, um campo de dunas ou até o local de fixação permanente da vegetação. ANGULO (1996) usa uma conceituação de cunho geográfico-geomorfológico, onde a praia é a faixa litorânea que vai da linha de costa até o nível médio de maré baixa, incluindo os ambientes de exposição subaérea.

O termo **pós-praia** foi proposto por BIGARELLA *et al.* (1966), para designar a faixa de praia que fica entre a antepraia (limite de espreamento das ondas normais) e as dunas frontais (alcance máximo das ondas de tempestade ou marés muito altas). A geoforma característica da pós-praia é a berma (*berm*), podendo ocorrer até mais de uma, separada por escarpas de praia (*beach scarps*).

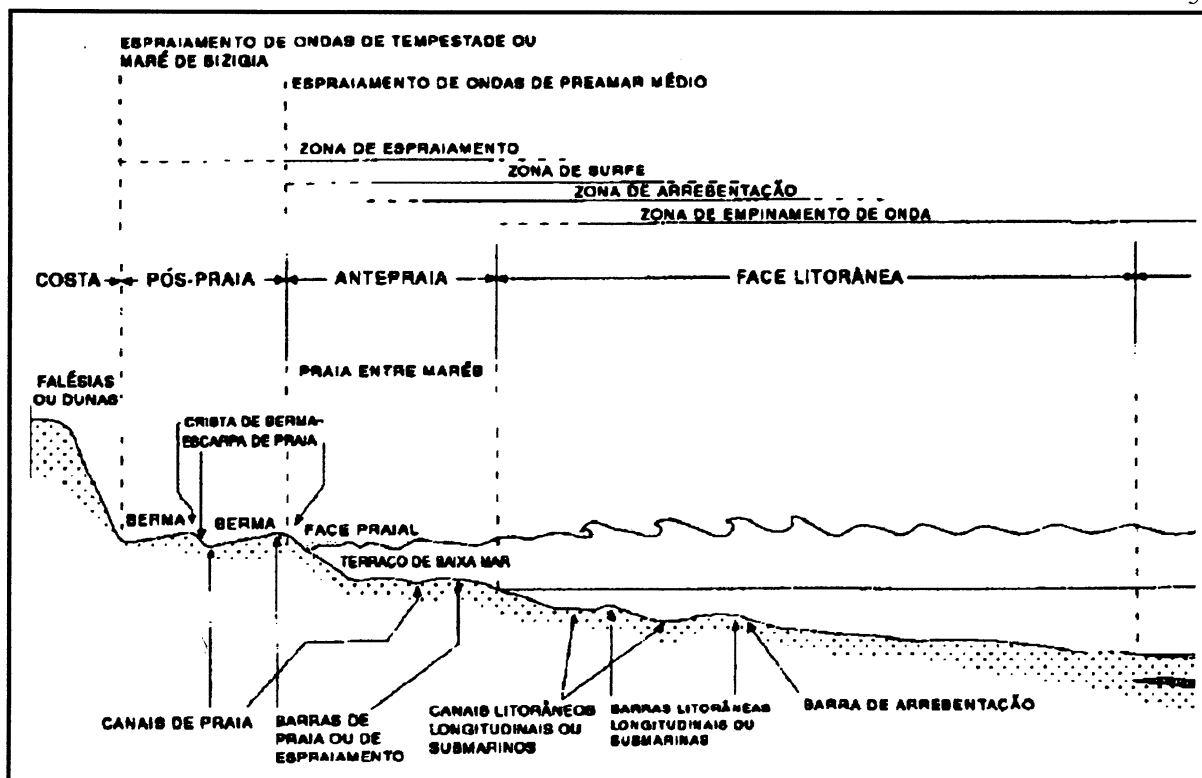


Figura 6.1: Terminologia de ambientes e subambientes litorâneos (modificada de ANGULO (1996b)).

A **antepraia** está situada entre a pós-praia (limite de espraio das ondas) e a face litorânea (limite inferior do nível médio de maré baixa), podendo ser dividida em face praial (*beach face*), como a porção superior, de maior declive, e os terraços de baixa-mar (*low tide terrace*), como a parte inferior e com menor declive, onde situam-se as barras de espraio (*swash bars*) (ANGULO, *op. cit.*).

A **face litorânea** é a tradução de *shoreface*, mas segundo U.S. ARMY (1973), também pode ser de *inshore*, limitando-se com a antepraia em direção à costa (nível médio de maré baixa) e com a zona de transição em direção ao mar (base de ação das ondas). MCCUBBIN (1982) também usa o termo *nearshore* como denominação para a face litorânea e a divide em uma parte superior e outra inferior que apresentam características morfológicas diferentes.

ELLIOTT (1986) divide a face litorânea em três zonas: uma zona externa onde as ondas iniciam sua interação com o fundo (*shoaling zone*) ou também zona de empinamento das ondas, passando a uma zona intermediária ou zona de arrebatção (*breaker zone*) até uma zona mais interna ou zona de surfe (*surf zone*). Geomorfologicamente podem ocorrer nesta face barras litorâneas longitudinais (*longshore bars*), barra de arrebatção (*breakpoint bar*) e canais litorâneos longitudinais (*longshore trough*) (ROEP, 1986 *apud* ANGULO, 1996).

## 6.2 DESCRIÇÃO DAS PRAIAS

### 6.2.1 Praia Central de Matinhos e Balneários Flamingo e Riviera

As análises de variações de linha de costa para esta parte da Praia de Matinhos foram limitadas entre a Ponta das Pedras, na Praia Central, e a rua Medianeira, no Balneário Riviera, numa extensão total de 3.665 m pela linha de costa atual.

Para esta área não foi feito o cálculo do volume praial, já que não foram realizados perfis planialtimétricos.

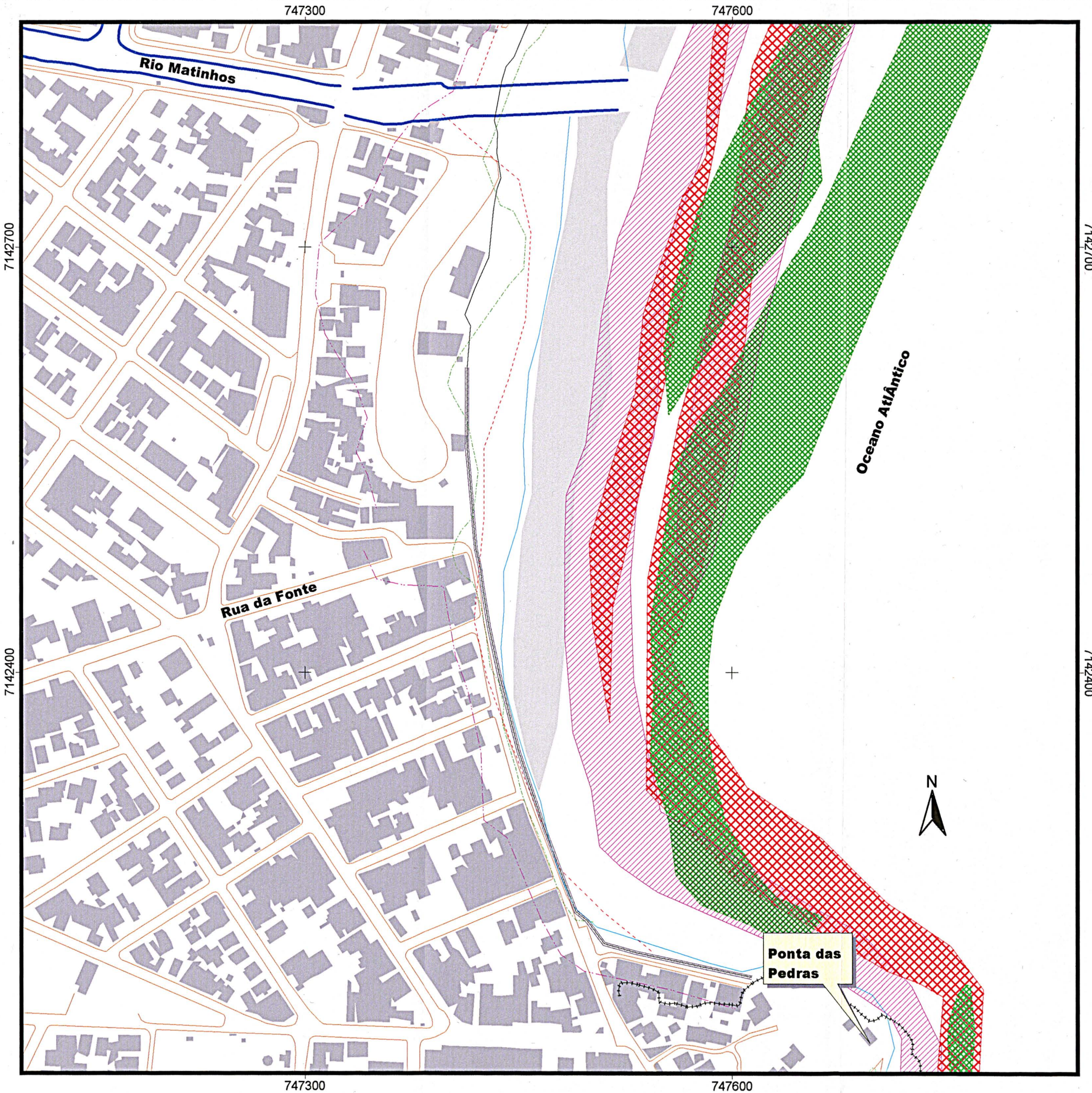
#### 6.2.1.1 Morfologia

Segundo ANGULO & ARAÚJO (1996), a praia estudada pode ser classificada como praia oceânica ou de mar aberto e dominada por ondas. Tem características de praia intermediária a dissipativa, apresentando granulometria de areia média a muito fina e baixa declividade (entre 2 e 3°). Têm forma retilínea, com direção aproximada nordeste e limitada ao sul por costão rochoso. A largura média da praia Central, com referência ao nível médio do mar, foi de 28 m e entre os balneários Flamingo e Riviera foi de 32 m.

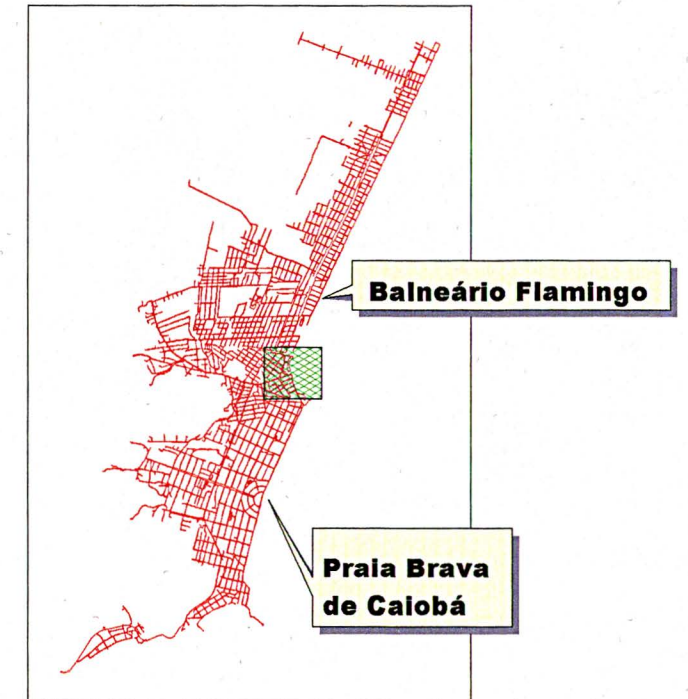
Na zona de surfe, a morfologia das barras dos anos 54 e 80 é muito similar, apresentando uma barra de arrebentação e outra barra de espraçamento paralelas à linha de praia, enquanto que em 1997 ocorria apenas uma barra próxima à linha de costa (entre 14 e 26 m). Esta última tinha uma largura média em torno de 52 m na Praia Central, passando a menos de 12 m no Balneário Flamingo e voltando a se alargar (52 m) ao norte. As distâncias médias entre as respectivas linhas de costa e as barras de arrebentação eram de 177 m em 1954, 130 m em 1980 e 31 m em 1997 (fig. 6.2.1.1a). A morfologia das barras apresentada anteriormente, é diferente da observada para as outras praias estudadas, onde em 1997 era comum a presença da barra de arrebentação e de espraçamento e mais afastadas da praia.

Apesar das características de praia intermediária a dissipativa, pode-se verificar que em 1997 esta praia apresentava um estado mais refletivo com a barra de arrebentação muito próxima da linha de costa (fig. 6.2.1.1a) e, praticamente se soldando à face praial na região dos balneários Flamingo e Riviera (fig. 6.2.1.1b).





### Localização



### Legenda

- ⚡ Promontório
- ⬇ Linha d'água em 1997
- ▨ Barras em 1954
- ▧ Linha de costa em 1951
- ▩ Barras em 1969
- ▨ Linha de costa em 1969
- ▩ Barras em 1980
- ▨ Linha de costa em 1980
- ▩ Barras em 1997
- ⬆ Linha de costa em 1997
- ▩ Muros em 1997
- ▩ Edificações em 1997
- ⬇ Rio perene em 1997
- ⬇ Quadras em 1997

### Escala Gráfica

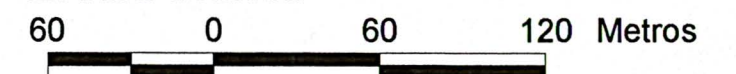


Figura 6.2.1.1a: Posicionamento das linhas de costa e das barras na Praia Central de Matinhos



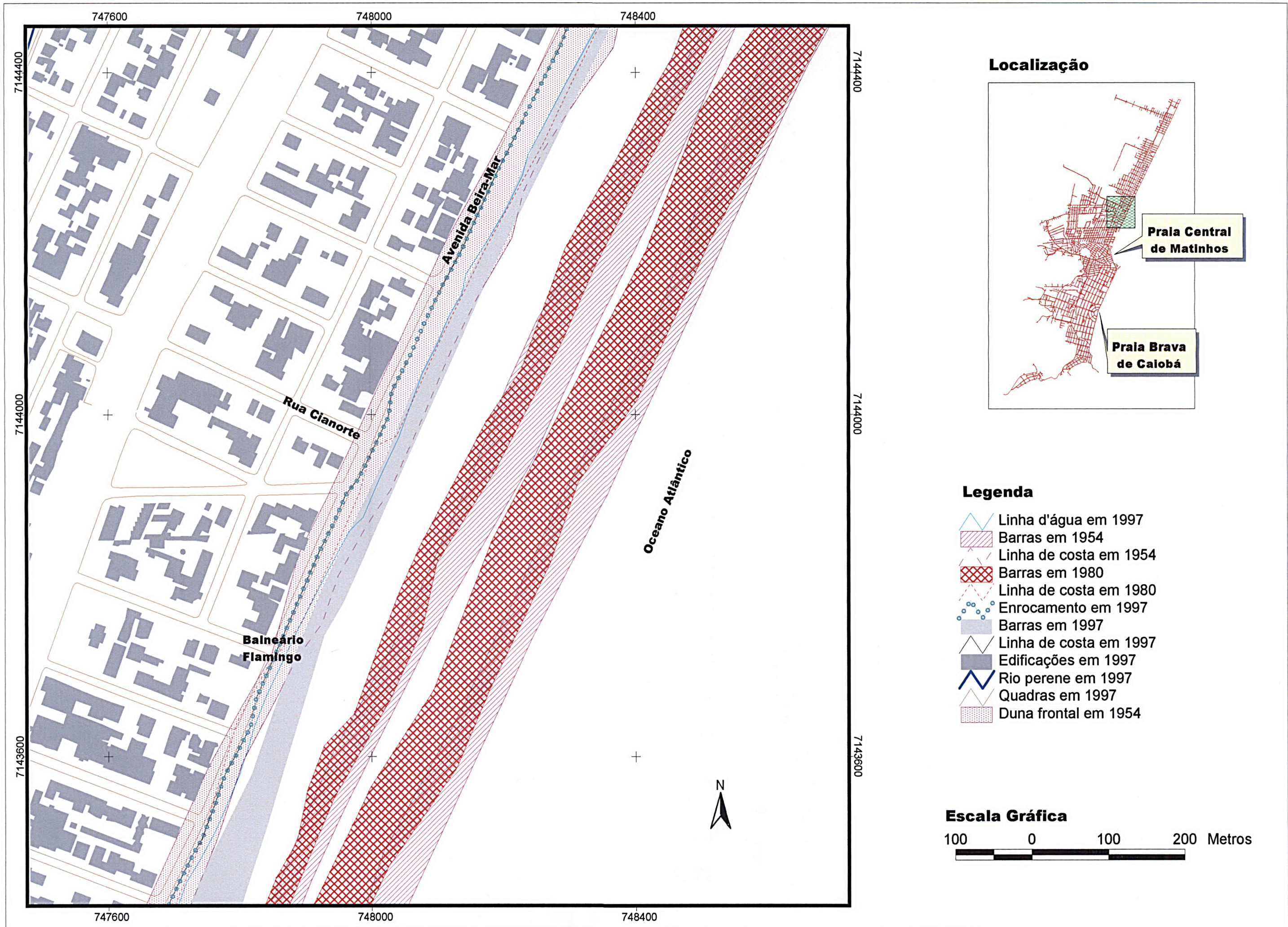


Figura 6.2.1.1b: Posicionamento das linhas de costa e das barras nos balneários Flamingo e Riviera



Apenas nas fotos aéreas de 1954 verificou-se a presença de um cordão de dunas frontais com 2.868 m de extensão e largura entre 21 e 67 m. Por sobre esta duna foi construída a atual Avenida Beira-Mar e, posteriormente, foram construídos enrocamentos (fig. 6.2.1.1b e fig. 6.2.1.1c) em parte da sua extensão (cerca de 1.244 m).



Figura 6.2.1.1c: Enrocamentos construídos no Balneário Flamingo em frente à Avenida Beira-Mar.

#### 6.2.1.2 Linha de Costa

Os resultados obtidos para a taxa de variação de linha de costa (TVLC) de todas as praias estudadas, incluindo os resultados de cada porção da praia, foram plotados em tabela e calculados os valores de mínimo, máximo, média e desvio padrão. A média geral da TVLC, para todas as praias estudadas foi de 12 m e, sendo um saldo positivo, pode-se dizer que houve um avanço da linha de costa. O desvio padrão foi de 32 com mínimo de -37 m e máximo de 122 m. O desvio padrão foi alto, podendo indicar que a variação da linha de costa entre os períodos estudados foi intensa e sugerindo que as praias estudadas apresentaram uma alta mobilidade.



Entretanto, estes valores devem ser considerados como referência para o estudo comparativo de cada praia ou, mais especificamente, de cada porção da praia. Também se deve ressaltar que os valores apresentados não levaram em conta a intervenção humana sobre a pós-praia da maioria das praias que impediram a manutenção dos seus perfis de equilíbrio. Neste caso, apenas as praias de Caieiras e Brejatuba guardam recuos entre as dunas frontais e as residências, propiciando que haja espaço suficiente para o perfil de equilíbrio das praias.

Na Praia Central, a TVLC indicou um considerável avanço da linha de costa de 60 m entre 1954 e 1980, com recuo de -7 m entre 1980 e 1997 (tab. 6.2.1.2a). Deve-se ressaltar que entre 1980 e 1997 houve a construção de obras de contenção que passaram a determinar a posição da linha de costa nesta praia.

Tabela 6.2.1.2a: Resultados da variação da linha de costa para a Praia Central de Matinhos (ext.=717 m).

Período	Avanço (m²)	Recuo (m²)	Saldo (m²)	TVLC (m)
1954-80	43109,49	0	43109,49	60,12
1980-97	1562,12	-6944,13	-5382,01	-7,51
<b>1954-97</b>	<b>38502,93</b>	<b>0</b>	<b>38502,93</b>	<b>53,7</b>

Na porção da praia entre os Balneários Flamingo e Riviera, apesar do recuo de linha de costa nos dois períodos de medição (tab. 6.2.1.2b), os valores mantiveram-se relativamente próximos (-3 m para 1954-80 e -9 m para 1980-97), indicando pouca mobilidade de praia entre estes períodos. Entretanto, também nesta praia a posição de linha de costa foi determinada pela construção de enrocamentos, a partir de 1980 (fig. 6.2.1.1c).

Tabela 6.2.1.2b: Resultados da variação da linha de costa para os balneários Flamingo e Riviera (ext.=2.920 m).

Período	Avanço (m²)	Recuo (m²)	Saldo (m²)	TVLC (m)
1954-80	12820,68	-21534,19	-8713,51	-2,98
1980-97	10013,73	-35050,97	-25037,2	-8,57
<b>1954-97</b>	<b>7266,05</b>	<b>-40390,31</b>	<b>-33124,3</b>	<b>-11,34</b>

Medindo as variações de linha de costa no mapa, houveram variações significativas na Praia Central, com progradação de até 115 m entre 1954 e 1997, e até 148 m entre 1954 e 1980 (fig. 6.2.1.1a). Em 1997 a linha de costa nesta praia encontrava-se determinada por obras de contenção.

Entre os balneários Flamingo e Riviera, as linhas de costa posteriores a 1954 indicaram recuo, contrariando seu comportamento em relação à Praia Central e às outras praias, como se verá adiante. Ressalta-se que boa parte da linha de costa de 1997, traçada

nesta porção da praia, encontra-se determinada pela construção de enrocamentos na Avenida Beira-Mar, com cerca de 1.239 m de extensão (figs. 6.2.1.1b; 6.2.1.1c).

As variações de linhas de costa para a praia Central, indicaram uma mobilidade de praia relativamente alta, principalmente entre 1954 e 1980 e, devido à construção de muros e enrocamentos, para 1997 não foi possível mapear a posição natural da linha de costa (fig. 6.2.1.2a).



Figura 6.2.1.2a: Praia Central de Matinhos com muros e enrocamentos (maio de 1999)

Ocorriam dunas frontais incipientes na praia Central de Matinhos em 1928 (fig. 6.2.1.2b), mostrando que a praia tinha um perfil de equilíbrio. Apesar disso, BIGARELLA (1991) atentou para o fato de que vestiários (centro da foto) já eram construídos na face de praia.

Em 1948, a ocupação inadequada de residências e, principalmente do Hotel Beira-Mar, sobre a pós-praia, não permitia a formação de dunas frontais e manutenção do perfil de equilíbrio (fig. 6.2.1.2c). Sendo assim, pode-se entender que nesta praia, o conflito causado pela intervenção humana sobre a dinâmica natural tem precedentes muito anteriores ao período analisado das fotos aéreas.





Figura 6.2.1.2b: Praia Central de Matinhos em 1928 com duna frontal e vestiário de banhistas invadindo a pós- praia ao fundo (*in* BIGARELLA, 1991).

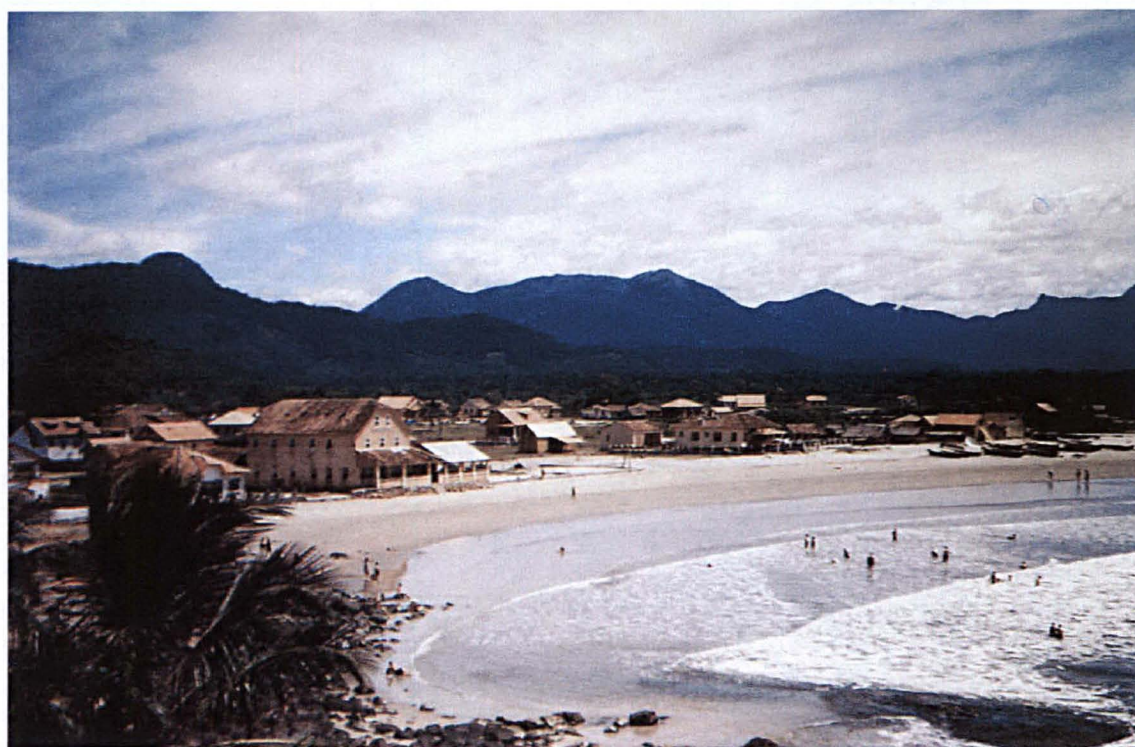


Figura 6.2.1.2c: Praia Central de Matinhos em 1948 com Hotel Beira-Mar à esquerda e a vila de pescadores à direita (*in* BIGARELLA, 1991).

Entre os balneários Flamingo e Riviera, ressaltase o comportamento da barra em 1997, que deu à praia características de estado refletivo, diferenciando-se dos anos de 1954 e 1980 quando as praias eram dissipativas, com barras distantes da linha de costa. As variações

da linha de costa entre os anos de 1954, 1980 e 1997, também representadas pelas TVLC, não indicaram grande mobilidade da praia, com recuo de 41 m entre 1954 e 1997. Isto poderia indicar uma certa estabilidade natural para esta praia e que foi alterada devido à intervenção humana sobre a área de pós-praia, causando inclusive impacto visual devido às construções de enrocamentos na Avenida Beira-Mar (fig. 6.2.1.1c).

## 6.2.2 Praia Brava de Caiobá

### 6.2.2.1 Morfologia

Com extensão de 3,2 km, a Praia Brava de Caiobá apresenta-se como uma praia arenosa de forma retilínea, com direção aproximada nordeste, do tipo oceânica, dominada por ondas e limitada por promontórios. Com base na dinâmica costeira, ANGULO & ARAÚJO (1996) classificaram a praia Brava de Caiobá em dois tipos: como oceânica na porção norte (2,2 km de extensão) e com influência de desembocadura na porção sul (0,8 km de extensão).

Em 2001, a porção norte apresentava uma largura média de praia em torno de 26 m e a porção sul em torno de 103 m, com nível médio do mar

Nas fotointerpretações realizadas para os anos de 1969, 1980 e 1997, verificou-se que o lobo terminal, pertencente ao delta de maré vazante da Baía de Guaratuba (ANGULO, 1999), contornava a Ponta de Caiobá, apresentando-se como barra transversal associada à barra longitudinal na porção sul de Caiobá (figs. 6.2.2.1a e 6.2.2.1b). Para ANGULO (1993b), a Praia Brava de Caiobá encontrava-se aparentemente em equilíbrio em 1954, quando as barras frontais da foz da Baía de Guaratuba não ultrapassavam o Morro de Caiobá e, assim, não afetavam a configuração da praia. Na década de sessenta, as barras frontais do delta passaram a se projetar para a Praia Brava como uma barra transversal, causando refração das ondas e mais sedimentação na porção sul da praia.



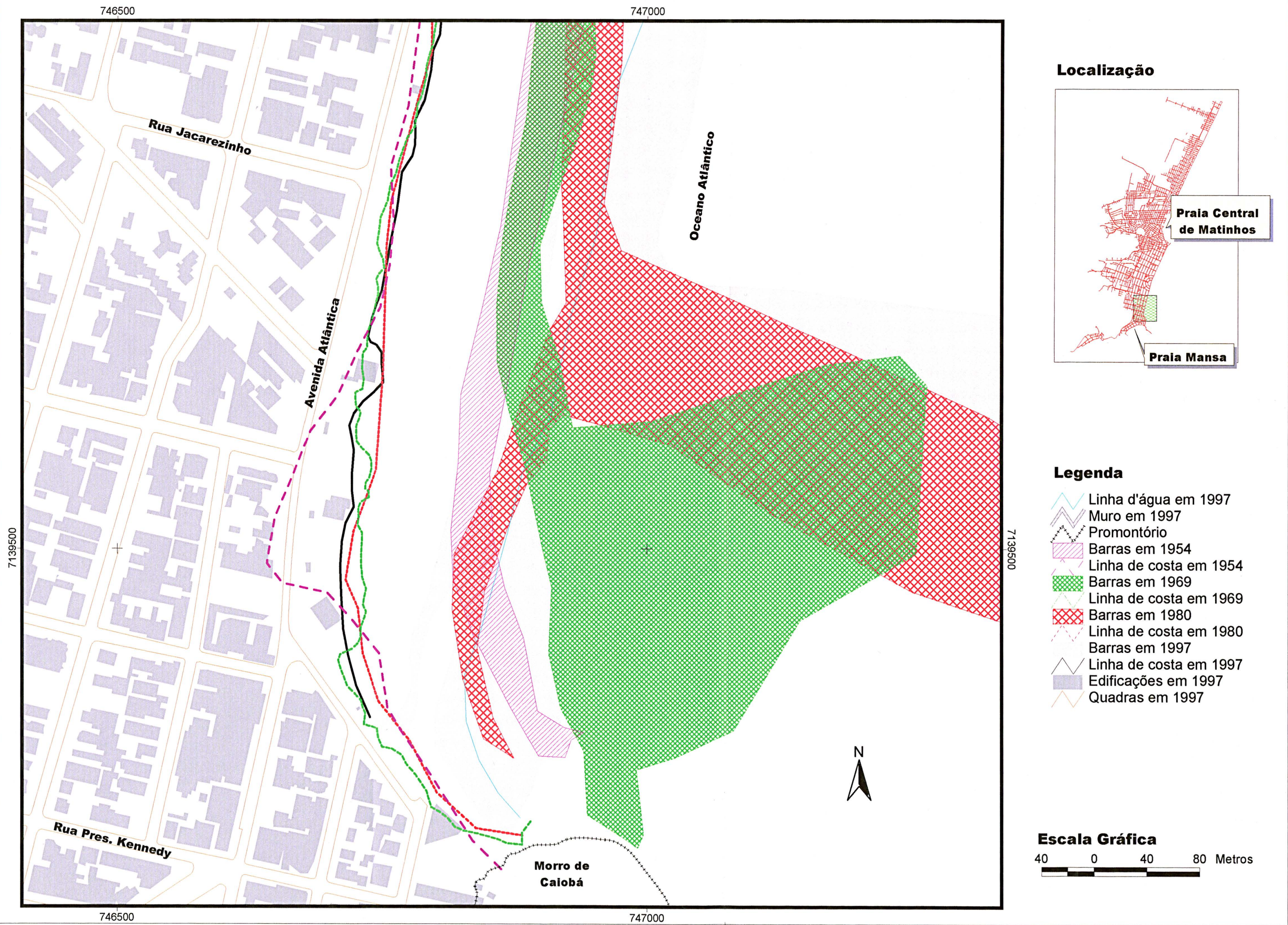


Figura 6.2.2.1a: Barras transversais ao sul da Praia Brava de Caiobá, associadas ao lobo terminal do delta de maré vazante da Baía de Guaratuba.



Entre 1969 e 1980, houve migração para norte da barra transversal, estabilizando-se no ano de 1997. As barras longitudinais em 1954, 1969 e 1980 tinham comportamento similar, apresentando a formação de uma barra ao sul e duas barras do centro para o norte, em posições bastante coincidentes. Entretanto, em 1997 ocorria a formação de duas barras ao sul e ao centro, e apenas uma barra de arrebenção ao norte. Quanto às distâncias da praia, as barras em 1997 também se mostram contrárias aos outros anos, estando mais próximas ao norte e mais afastadas ao sul (fig. 6.2.2.1a).

Como se vê na figura 6.2.2.1c, a porção norte de Caiobá tinha praia com largura em torno de 50 m, barra de arrebenção afastada da praia e presença de dunas frontais. Em vista disso, parece que os estados praias dos anos de 1954, 1969 e 1980, na porção norte, apresentaram características mais dissipativas do que se apresentou em 1997 e até 2001.

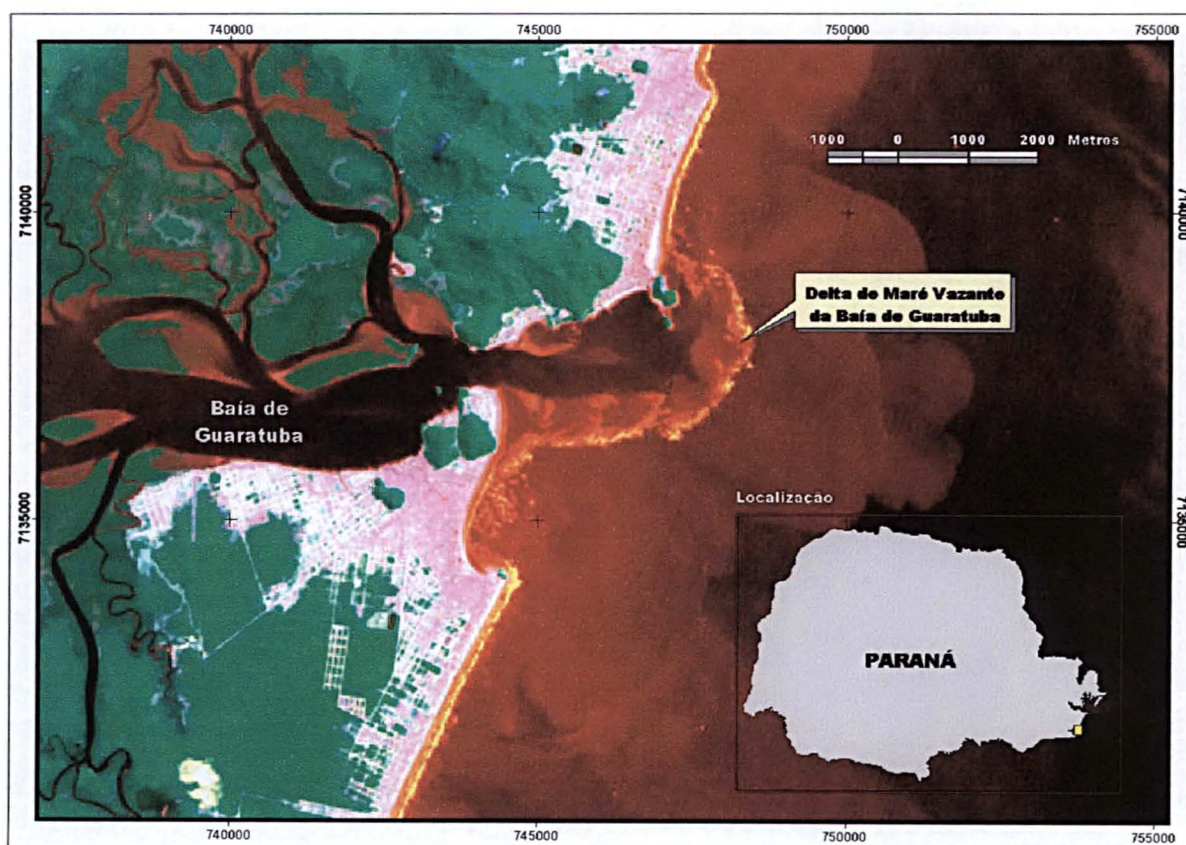


Figura 6.2.2.1b: Imagem Landsat de 1999 em composição de bandas 5, 4 e 2 para realce do delta de maré vazante da Baía de Guaratuba



Figura 6.2.2.1c: Praia Brava de Caiobá no ano de 1949 com vista para sul. Ressalta-se a largura da praia à esquerda e a presença de dunas frontais (*in* BIGARELLA, 1991).

A porção norte de Caiobá possui uma face de praia com largura entre 70 e 80 metros (em maré baixa de sizígia) e mais inclinada ( $5,5^\circ$ ) que a porção sul ( $3^\circ$ ), que tem de 160 a 200 metros de face de praia. Em todas as campanhas para os perfis praias, verificou-se que na porção norte as barras de arrebentação situavam-se mais próximas da linha de costa que na porção sul. No levantamento de março de 2000, as barras da porção norte distanciavam-se da linha de costa cerca de 70m e na porção sul 150m.

Além de bermas e canais longitudinais na face da praia, em 1969 existia uma duna frontal situada entre o centro e a porção norte da praia, com 1.370 m de extensão e largura entre 6 e 33 m (fig. 6.2.2.1d), onde hoje se situa o muro de contenção construído na década de 80. Também foram encontradas bermas nas fotos de 1997 na porção sul e centro da praia, o que se confirmou nos trabalhos de campo realizados entre 1999 e 2001.



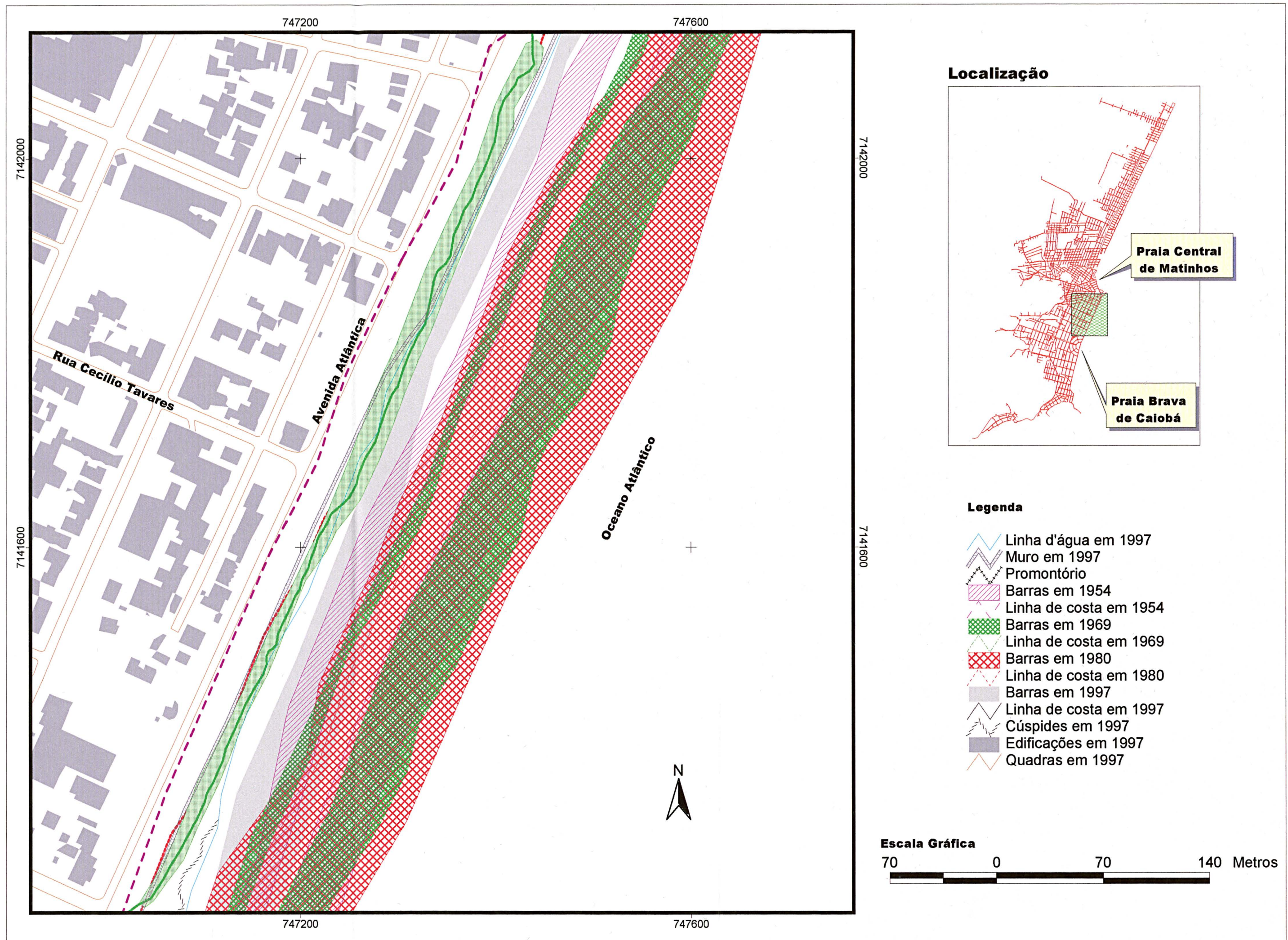


Figura 6.2.2.1d: Variação da linha de costa, de barras e duna frontal na porção norte da Praia Brava de Caiobá.



Com uma extensão de 815 m, enrocamentos e muros de contenção foram encontrados nas fotos aéreas de 1969 na porção central da praia, em locais que coincidem com a linha de costa atual (fig. 6.2.2.1e).

De uma forma geral, o estado modal da praia até a foto aérea de 1980 apresentava-se como intermediário a dissipativo por toda a praia. Nas fotos aéreas de 1997 e até 2001, a praia se modificou para um estado intermediário a refletivo, mas de uma forma artificializada devido à construção de muro de gabião.

### 6.2.2.2 Linha de Costa

Tanto na porção sul como na porção norte desta praia, a TVLC apresentou progradação entre 1954 e 1969 (tabs. 6.2.2.2a e 6.2.2.2b), com maior intensidade ao norte (19 m), o que poderia ter incentivado a construção de calçadão e muros de gabião sobre a face superior da praia (figs. 6.2.2.1d e 6.2.2.4b). O avanço da linha de costa neste período estende-se por uma faixa de 1.322 m com largura de 25 m em média, sendo que em 1954 a quase totalidade da linha de costa situava-se onde atualmente existe a Avenida Atlântica (fig. 6.2.2.1e).

Tabela 6.2.2.2a: Resultados da variação da linha de costa para a porção sul da Praia de Caiobá (ext.=1555 m).

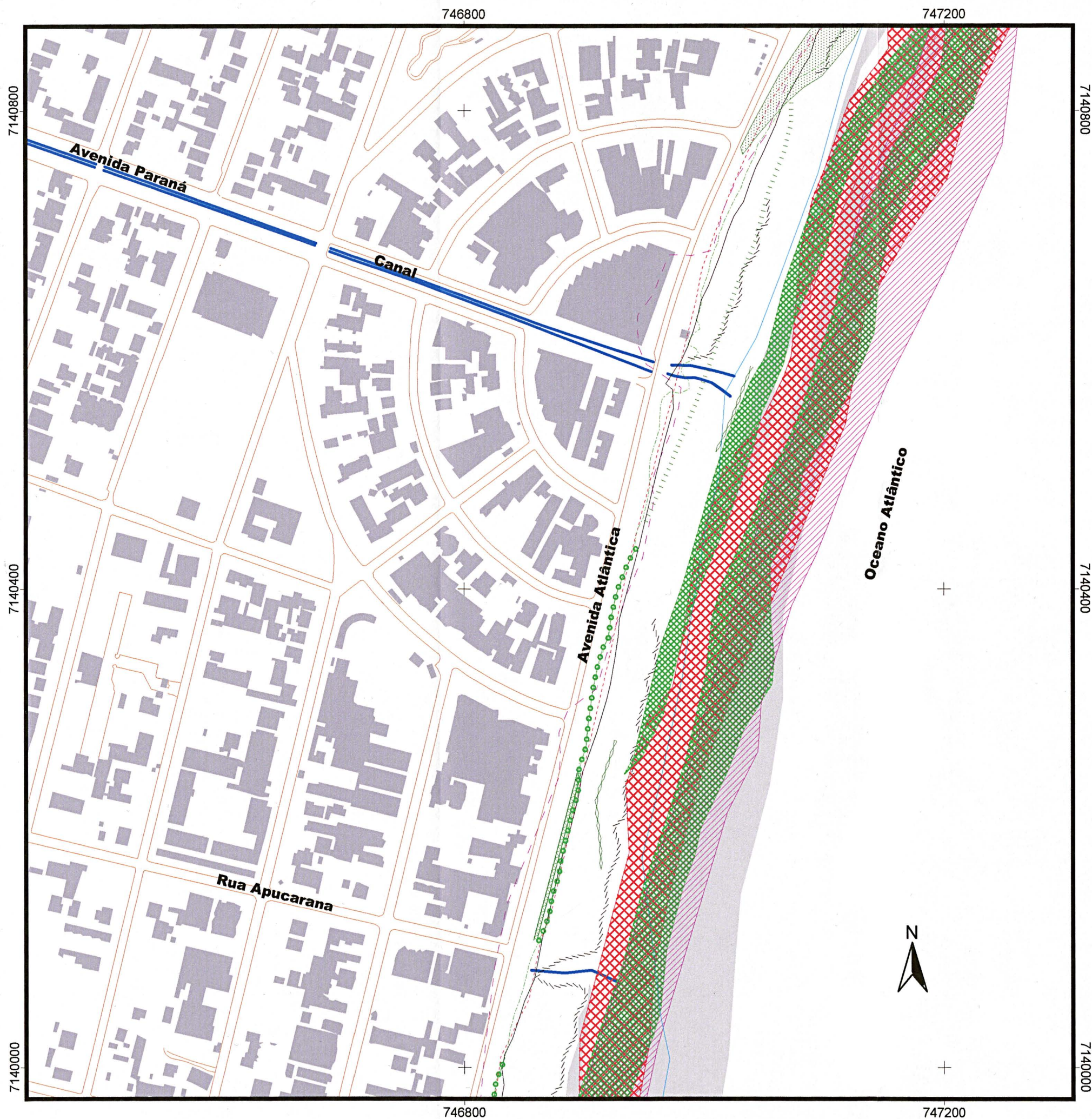
Período	Avanço (m²)	Recuo (m²)	Saldo (m²)	TVLC (m)
1954-69	20212,61	-5139,08	15073,53	9,69
1969-80	6606,87	-1279,24	5327,63	3,43
1980-97	2655,22	-5089,55	-2434,33	-1,56
<b>1954-97</b>	<b>20300,19</b>	<b>-2667,54</b>	<b>17632,65</b>	<b>11,34</b>

Tabela 6.2.2.2b: Resultados da variação da linha de costa para a porção norte da Praia de Caiobá (ext.=1555 m).

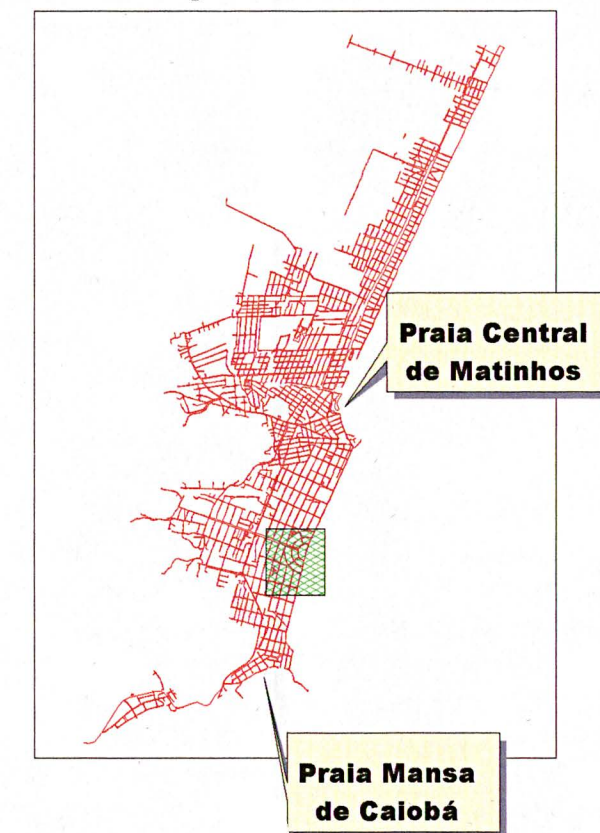
Período	Avanço (m²)	Recuo (m²)	Saldo (m²)	TVLC (m)
1954-69	30507,81	-319,75	30188,06	19,41
1969-80	1093,72	-9006,86	-7913,14	-5,09
1980-97	5576,54	-4799,81	776,73	0,5
<b>1954-97</b>	<b>24608,51</b>	<b>-1285,47</b>	<b>23323,04</b>	<b>15</b>

Nas medições em mapa, a porção sul da praia de Caiobá apresentou maior mobilidade que a porção norte, sendo que a partir da linha de costa de 1954, houve progradação de 72 m até 1969 e 55 m até 1997 (fig. 6.2.2.1a). No entanto, para toda praia os resultados de TVLC (tabs. 6.2.2.2a e 6.2.2.2b), indicaram uma mobilidade baixa em comparação aos valores de referência para todas as praias (M=12 m e DP=31).





### Localização



### Legenda

- Linha d'água em 1997
- Barras em 1954
- Linha de costa em 1954
- Barras em 1969
- Linha de costa em 1969
- Berma em 1969
- Calha em 1969
- Enrocamento em 1969
- Muro em 1969
- Barras em 1980
- Linha de costa em 1980
- Barras em 1997
- Linha de costa em 1997
- Cúspides em 1997
- Edificações em 1997
- Rio perene em 1997
- Quadras em 1997
- Duna frontal em 1969

### Escala Gráfica

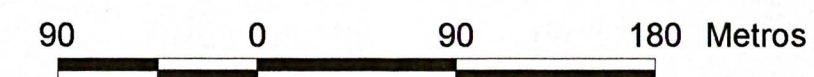


Figura 6.2.2.1e: Variações da linha de costa e barras na porção central da Praia Brava de Caiobá.



A TVLC da porção norte indicou mobilidade mais alta que a porção sul entre os períodos de 1954-69 e 1969-80, com recuo da linha de costa de 19 m para -5 m e passando à estabilidade no período de 1980 a 1997. Entretanto, deve-se levar em conta que a construção de obras de contenção na década de 80 nesta porção, causou a artificialização da posição de linha de costa para os anos seguintes, não permitindo que a praia retomasse seu perfil de equilíbrio por uma extensão de 1.370 m (43% de toda praia).

Através da figura 6.2.2.2a pode-se verificar que a construção da Avenida Atlântica na porção norte de Caiobá (ao fundo), foi realizada de uma forma irregular, não acompanhando a configuração natural da praia, o que contribuiu para o impacto causado sobre a face superior da praia. Mais ao centro da praia pode-se também notar a barra transversal originária dos lobos frontais do delta de maré vazante da Baía de Guaratuba. Percebe-se que ao término da barra, ocorre um engordamento natural da praia.



Figura 6.2.2.2a: Vista aérea em 1988 da Praia Mansa (em primeiro plano) e da Praia Brava de Caiobá (BIGARELLA, 1991)

### 6.2.2.3 Perfis Planialtimétricos e Volume Praia

Na Praia Brava de Caiobá, os perfis levantados apresentaram-se bastante diferentes entre si, tanto na morfologia como nos resultados dos balanços sedimentares. A morfologia do perfil Caiobá 1 (fig. 6.2.2.3a), posicionado ao norte desta praia, apresentou-se mais

íngreme nos períodos de fevereiro e novembro de 1999 e mais suave em agosto de 1999 e março de 2000, tendo neste último a presença de barra à cerca de 70 metros da origem do perfil. No perfil de junho de 2000, uma cava bastante pronunciada foi encontrada a 90 m do ponto de origem do perfil, passando a uma barra que quase se soldava à praia. Neste local, os perfis sempre apresentaram uma face de praia curta, íngreme e sem a presença de geoformas. O estado praial com características refletivas, verificado nos perfis e nas observações de campo, pode ter sido induzido pela presença do muro de gabião que, além de causarem refração das ondas, causam a artificialização do posicionamento das linha de costa.

No perfil Caiobá 2 a declividade foi semelhante para todos os períodos e menos íngreme do que em Caiobá 1 e apresentando bermas em quase todos os períodos. A morfologia dos perfis e as características verificadas em campo demonstraram que nesta porção a praia se comporta em estado intermediário a dissipativo.

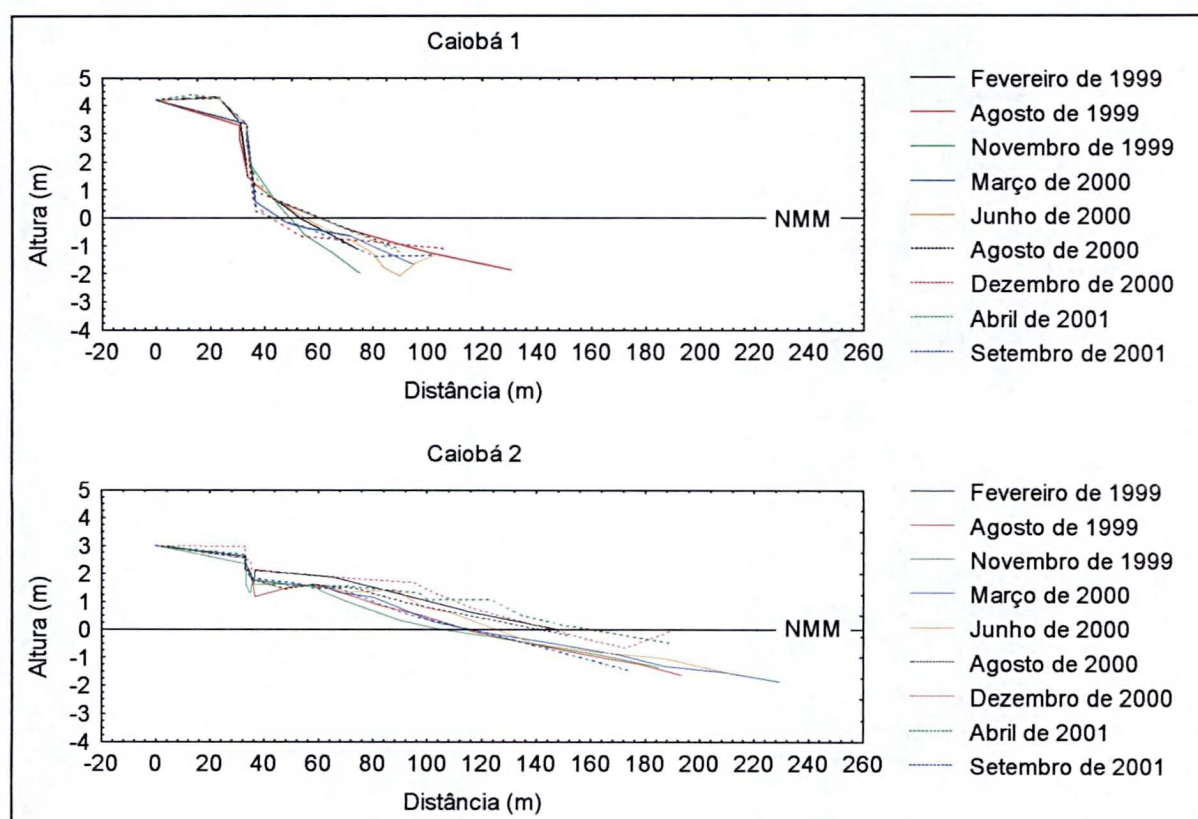


Figura 6.2.2.3a: Perfis planialtimétricos da Praia Brava de Caiobá.

Da mesma forma que os valores obtidos para a taxa de variação de linhas de costa, foram calculados os valores de mínimo, máximo, média e desvio padrão do balanço sedimentar de todas as praias, para que pudessem servir de valores de referência no comportamento geral das praias e na comparação entre elas. A média geral foi de  $0,05 \text{ m}^3$ , o



que poderia mostrar equilíbrio entre os processos de erosão e deposição para a região. Entretanto, o valor mínimo foi de  $-111 \text{ m}^3$  e o máximo de  $216 \text{ m}^3$ , com desvio padrão de 45,24, indicando que, no geral, as praias estudadas tiveram um comportamento muito instável, com períodos de muita erosão e outros de muita deposição.

Em Caiobá 1, apesar do saldo do balanço sedimentar ter sido bastante negativo entre agosto e novembro de 1999 ( $-59 \text{ m}^3$ ), manteve-se uma certa estabilidade nos outros períodos (fig. 6.2.2.4a), com valores que não ultrapassaram  $33 \text{ m}^3$ . Em Caiobá 2, o balanço sedimentar apresentou saldos bastante negativos nos períodos entre fevereiro e agosto de 1999 ( $-99 \text{ m}^3$ ) e entre abril e setembro de 1999 ( $-111 \text{ m}^3$ ).

Apesar da diferença de volumes, ambos os perfis apresentaram a mesma tendência de saldo, excetuando-se o período de fevereiro a agosto de 1999, quando Caiobá 1 apresentava saldo positivo e Caiobá 2 negativo. De maneira geral, os perfis apresentaram-se estáveis entre novembro de 1999 e abril de 2001, inclusive com tendências à deposição (fig. 6.2.2.3b). Este período coincide com a última manifestação do fenômeno de La Niña, quando o clima apresentou-se com baixa precipitação (CPTEC, 2002).

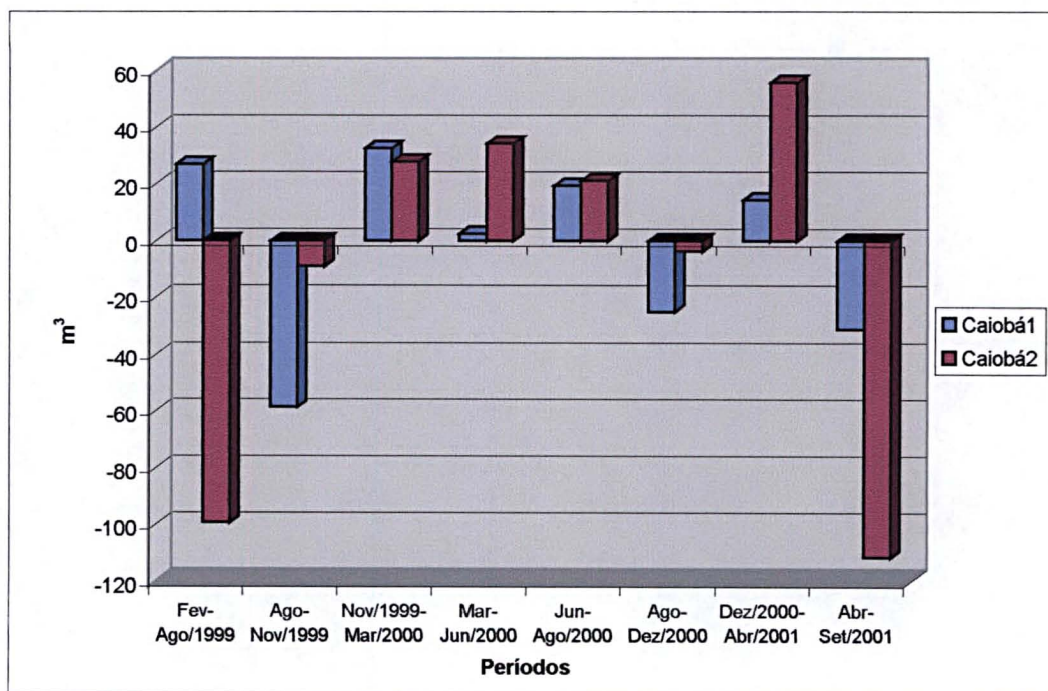


Figura 6.2.2.3b: Resultados do cálculo de volumes praias para os perfis da praia de Caiobá

Apesar do balanço sedimentar ter sido negativo em alguns períodos (fig. 6.2.2.4a), o perfil Caiobá 1 manteve-se com certa estabilidade no período total de campanha ( $-19 \text{ m}^3$ ), comparado ao perfil Caiobá 2 ( $-84 \text{ m}^3$ ). Entretanto, em todas as campanhas de campo, verificou-se que o muro de gabião construído na porção norte encontrava-se sempre sendo

destruído pelas ondas (fig. 6.2.2.3c), indicando que este impacto está relacionado à intervenção humana que causou a invasão sobre a face da praia, causando conflito entre esta e a dinâmica costeira.



Figura 6.2.2.3c: Local do perfil Caiobá 1, mostrando muros e espigões de gabiões destruídos pelas ondas

Quanto ao balanço sedimentar estimado, em todos os períodos medidos os balanços sedimentares das porções norte e sul da praia mostraram-se sempre em situações inversas (fig. 6.2.2.3d), não coincidindo com os balanços sedimentares medidos, onde as porções da praia se mantiveram com a mesma tendência (fig. 6.2.2.3c). O período de 1954-69 foi que mostrou os maiores valores de balanço sedimentar estimado, com  $+78 \text{ m}^3$  em Caiobá 1 e  $-51 \text{ m}^3$  em Caiobá 2. Mas, no período todo (1954 a 1997), as duas porções da praia apresentaram sedimentação.



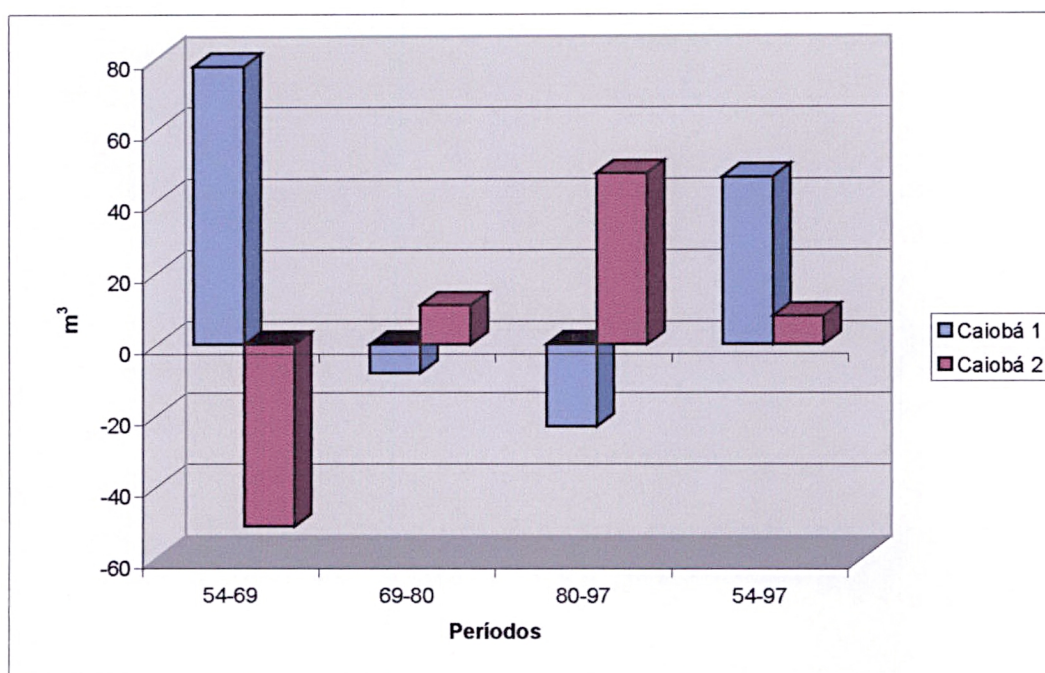


Figura 6.2.2.3d: Volume praiado estimado da praia de Caiobá, baseado nas relações entre o perfil médio e as variações da linha de costa.

## 6.2.3 Praia Mansa de Caiobá

### 6.2.3.1 Morfologia

A Praia Mansa de Caiobá possui uma extensão de 1,2 km, uma face praiado com cerca de 60 m de largura em maré baixa, apresenta-se como uma praia arenosa em forma de arco e com direção aproximada NE-E. Foi classificada por ANGULO & ARAÚJO (1996) como uma praia associada à desembocadura, sendo dominada por ondas, correntes de deriva litorânea e correntes de maré.

Atualmente a praia Mansa apresenta uma largura média de 39 m, com nível médio do mar.

A morfologia desta praia, assim como as variações da linha de costa, estão diretamente relacionadas ao delta de maré vazante da Baía de Guaratuba (ANGULO, 1992), sendo que pequenas variações na configuração das barras deste delta podem provocar mudanças consideráveis na configuração da praia.

Em trabalho sobre as variações da linha de costa no Paraná, ANGULO (1993a) verificou através de fotos aéreas que a Praia Mansa de Caiobá quase desapareceu em 1980, tendo havido recuo de 50 m da linha de costa. Segundo MOTTA (1976 *apud* ANGULO,

1993a), as obras de urbanização que ocorreram sobre a zona de espraiamento das ondas, foi um fator importante para a erosão desta praia.

Para ANGULO (*op. cit.*), um dos fatores que contribuiu para esta erosão foi o deslocamento de barras frontais que existiam à frente da praia e isto pode ser verificado no mapeamento que se realizou neste trabalho para as barras e linhas de costa.

O posicionamento das barras de arrebentação tiveram variações significativas entre os períodos mapeados, com grandes deslocamentos, o que não foi verificado nas outras praias (fig. 6.2.3.1a). Entre 1954 e 1969 houve recuo da barra com distância média de 55 m; entre 1969 e 1980 a barra recuou cerca de 20 m na porção SW e 44 m na porção NE; e entre 1980 e 1997 a barra avançou em direção ao mar cerca de 23 m. Este último evento está relacionado às obras de recuperação da praia que tiveram início em 1977 e apresentaram resultados bastante positivos (fig. 6.2.3.1b).



Figura 6.2.3.1b: Vista da porção NE da Praia Mansa de Caiobá, com perfil suavizado devido à ressaca de maio de 2001



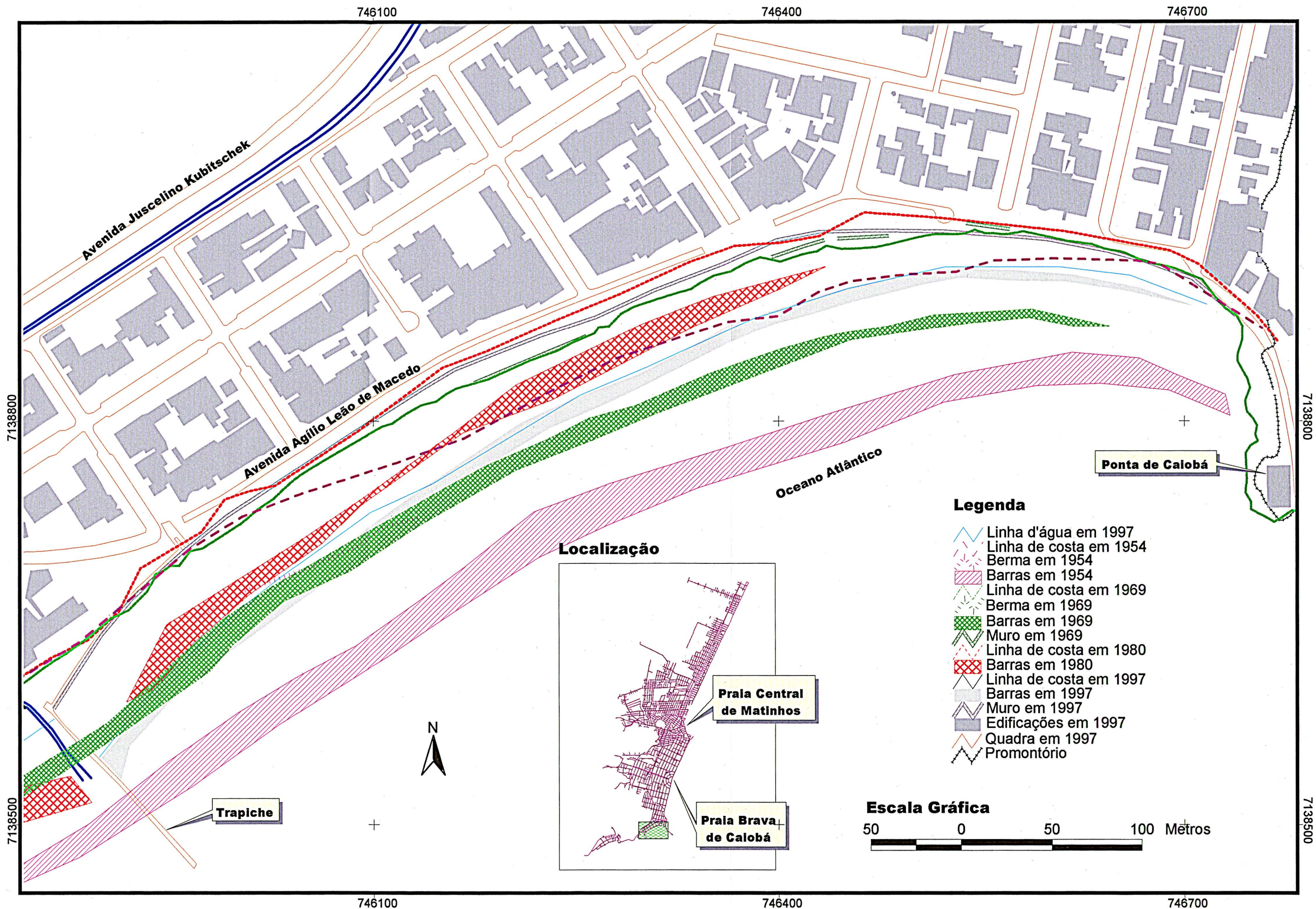


Figura 6.2.3.1a: Variações da linha de costa e barras na Praia Mansa de Caiobá



Nas fotos aéreas de 1954 e 1969 houve a presença de bermas (fig. 6.2.3.1a) e, apesar de não terem sido verificadas nas fotos de 1980 e 1997, pode-se encontrá-las em todas as campanhas de campo, assim como cúspides em intervalos de cerca de 10 m. A praia apresenta declividade alta (entre 5° e 6°) e é composta de areia grossa. Nas observações de campo verificou-se que a barra de arrebentação situava-se sempre a poucos metros da praia e, algumas vezes, se soldando a esta. As características apresentadas indicam um estado refletivo para esta praia.

### 6.2.3.2 Linha de Costa

Ao contrário das outras praias estudadas, segundo os valores de TVLC (tabs. 6.2.3.2a e 6.2.3.2b), a Praia Mansa de Caiobá já encontrava-se em processo de recuo da linha de costa entre 1954 e 1969, tendo sido mais intenso na porção NE (-19 m). Isto é evidenciado no mapeamento das linhas de costa (fig. 6.2.3.1a), onde mediu-se recuos de até 39 m neste período. Os recuos passaram a diminuir de intensidade para os outros períodos até chegar a valores positivos entre 1980 e 1997, quando a mobilidade da praia pode ter diminuído de intensidade em função das obras realizadas para a recuperação da praia a partir de 1977, as quais passaram a determinar a posição da linha de costa.

Tabela 6.2.3.2a: Resultados da variação da linha de costa para a porção SW da Praia de Mansa (ext.=554 m).

Período	Avanço (m²)	Recuo (m²)	Saldo (m²)	TVLC (m)
1954-69	830,57	-3834,73	-3004,16	-5,42
1969-80	3746,59	-2613,83	1132,76	2,04
1980-97	2199,38	-702,39	1496,99	2,7
<b>1954-97</b>	<b>3299,09</b>	<b>-4244,81</b>	<b>-945,72</b>	<b>-1,71</b>

Tabela 6.2.3.2b: Resultados da variação da linha de costa para a porção NE da Praia de Mansa (ext.=554 m).

Período	Avanço (m²)	Recuo (m²)	Saldo (m²)	TVLC (m)
1954-69	209,15	-10813,2	-10604,05	-19,14
1969-80	0	-7000,9	-7000,9	-12,64
1980-97	3912,42	-81,33	3831,09	6,91
<b>1954-97</b>	<b>41,78</b>	<b>-13463,7</b>	<b>-13421,92</b>	<b>-24,23</b>

Entre 1969 e 1997 houve uma relativa estabilidade da linha de costa na porção SW, com valores de TVLC de 2 e 3 m. Isto também pode ser evidenciado visualmente (fig. 6.2.3.1a), quando na porção SW as variações da linha de costa foram pouco significativas.

A TVLC entre o ano de 1954 e 1997 apresentou uma perda considerável para toda praia de -13 m, tendo sido menor na porção SW (-2 m) e alta na porção NE (-24 m).

Os resultados de TVLC para a Praia Mansa demonstram uma mobilidade bem mais acentuada do centro para NE, ressaltando-se que nesta porção de praia foram construídos muros de contenção até 1969.

### 6.2.3.3 Perfis Planialtimétricos e Volume Praia

Por ser de pequena extensão, apenas em um local foram realizados perfis nesta praia. Quanto à morfologia, os perfis de novembro de 1999 e março de 2000 apresentaram-se mais íngremes que os outros períodos, sendo constante a presença de berma, entre 30 e 60 metros da origem, para todos os perfis (fig. 6.2.3.3a). Apesar de pequenas variações, a declividade apresentou-se elevada e muito similar entre um perfil e outro, situando-se entre 5 e 6°. Através dos perfis apresentados e dos dados relatados no item sobre morfologia, pode-se indicar um estado refletivo para esta praia.

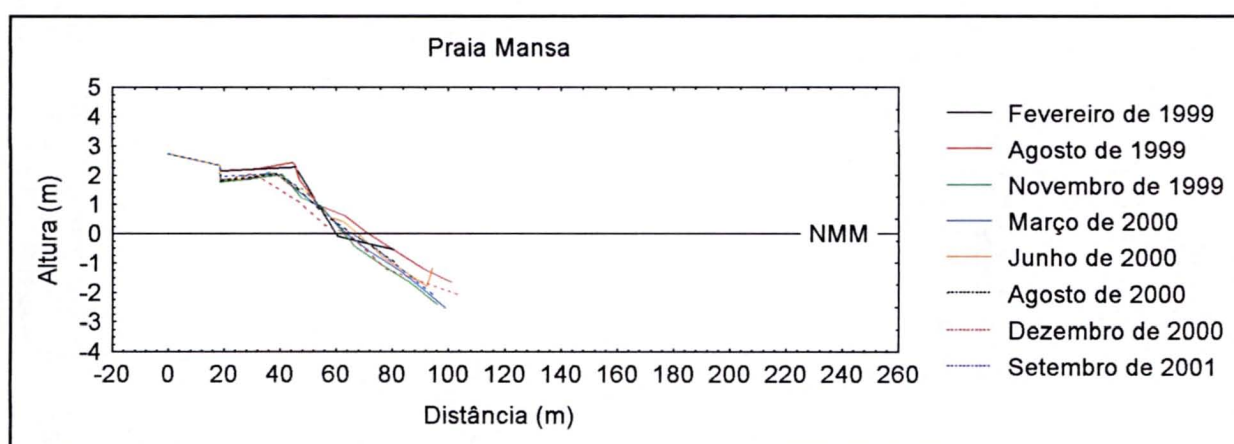


Figura 6.2.3.3a: Perfis planialtimétricos da Praia Mansa

Entre agosto e novembro de 1999 o saldo do balanço sedimentar foi o mais baixo ( $-29 \text{ m}^3$ ). A primeira e a última campanha foram as que apresentaram os saldos mais positivos ( $12$  e  $18 \text{ m}^3$ ) e, apesar de saldo negativo no período de agosto a dezembro de 2000, entre novembro de 1999 a dezembro de 2000 ocorreu certa estabilidade no volume praiar (fig. 6.2.3.3b). Este período coincide com a última manifestação do fenômeno La Niña, quando o clima apresentou-se com baixa precipitação na região sul do Brasil (CPTEC, 2002).

Apesar de negativo, o balanço sedimentar total ( $-6 \text{ m}^3$ ) apresentou certa estabilidade em comparação aos valores de referência ( $M=0,05 \text{ m}^3$  e  $DP=45$ ).

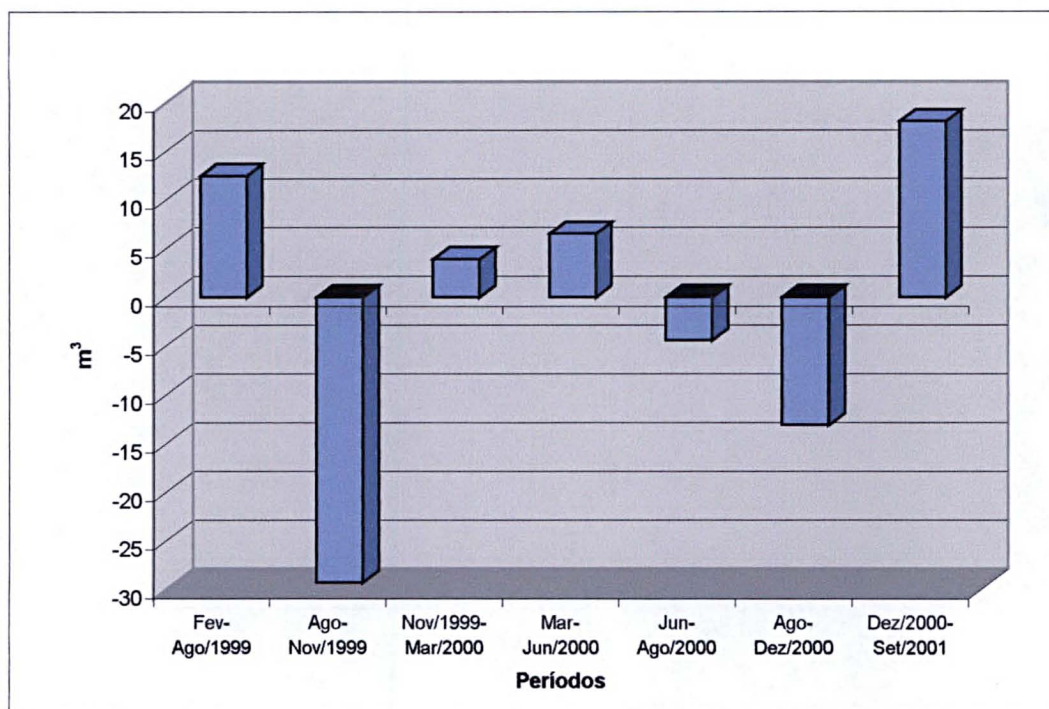


Figura 6.2.3.3b: Resultados do cálculo de volumes praias para a Praia Mansa.

O volume praias estimado para a praia Mansa indicou erosão nos dois primeiros períodos (-52 m³ e -34 m³, respectivamente) e deposição entre 1980 e 1997 (fig. 6.2.3.3c). Esta recomposição da praia poderia estar relacionada às obras de proteção realizadas na década de 80, mesmo com o valor negativo alto para o período total (-67 m³).

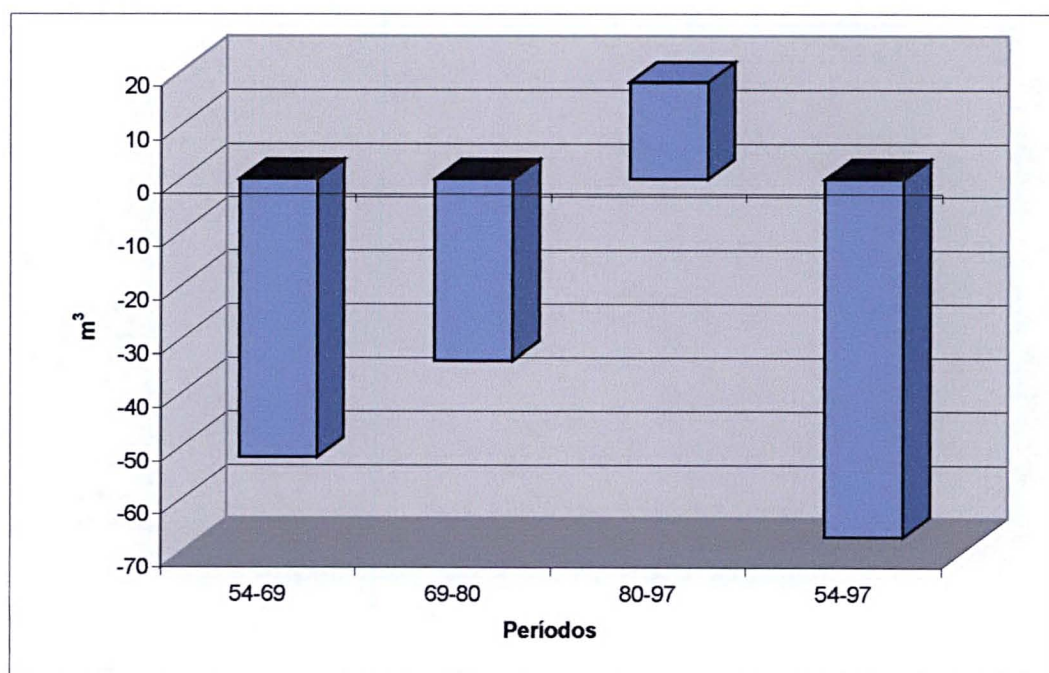


Figura 6.2.3.3c: Volume praias estimado da praia Mansa, baseado nas relações entre o perfil médio e as variações da linha de costa.

#### 6.2.4 Prainha

Para esta praia não foi possível fazer a fotointerpretação de 1969, devido à falta de fotos-aéreas para este período.

##### 6.2.4.1 Morfologia

Quanto ao tipo de costa, ANGULO & ARAÚJO (1996) classificaram como uma praia de desembocadura e, segundo SUGUIO (1992), também pode ser classificada como uma praia de bolso (*pocket beach*), tendo 1.124 m de extensão, com direção aproximada NE-E e limitada por dois promontórios. É dominada por ondas e por correntes de maré, tendo uma forma peculiar com “engordamento” na porção central devido à presença de barra marginal de canal do delta de maré vazante da Baía de Guaratuba (ANGULO, 1992), que se comporta como uma barra transversal (fig. 6.2.4.1a). Desta forma, a dispersão de energia das ondas se deu mais nas porções centrais, permitindo um alargamento da praia nesta área.

Esta barra apareceu sempre bem visível nas fotos-aéreas e, na sobreposição de *overlays*, puderam ser verificados deslocamentos significativos entre os períodos. Em 1954 a barra encontrava-se sobre a atual linha de costa, permanecendo mais afastada nos outros anos (fig. 6.2.4.1a).

A Prainha possui atualmente uma largura média de praia, com nível médio do mar, em torno de 46 m.

Nas fotos de 1954 foram encontradas bermas na porção central e nordeste da face de praia (fig. 6.2.4.1a), sendo que nas atuais campanhas de campo para os perfis planialtimétricos, foram encontradas bermas na porção sudoeste da praia. Aliando-se isto às observações de campo, pode-se indicar um estado intermediário à Prainha.

O deslocamento da barra, nos anos de 1980 e 1997, permitiu que o “engordamento” passasse de sudoeste (quando se encontrava em 1954) para o centro da praia. À nordeste, em 1954 esta barra encontrava-se afastada, permitindo maior incidência das ondas, o que poderia explicar a maior tendência erosiva nesta porção da praia. A largura da face praial tem, atualmente, em torno de 90 m de largura na porção central, enquanto que no extremo NE ela é praticamente inexistente (fig. 6.2.4.1b).



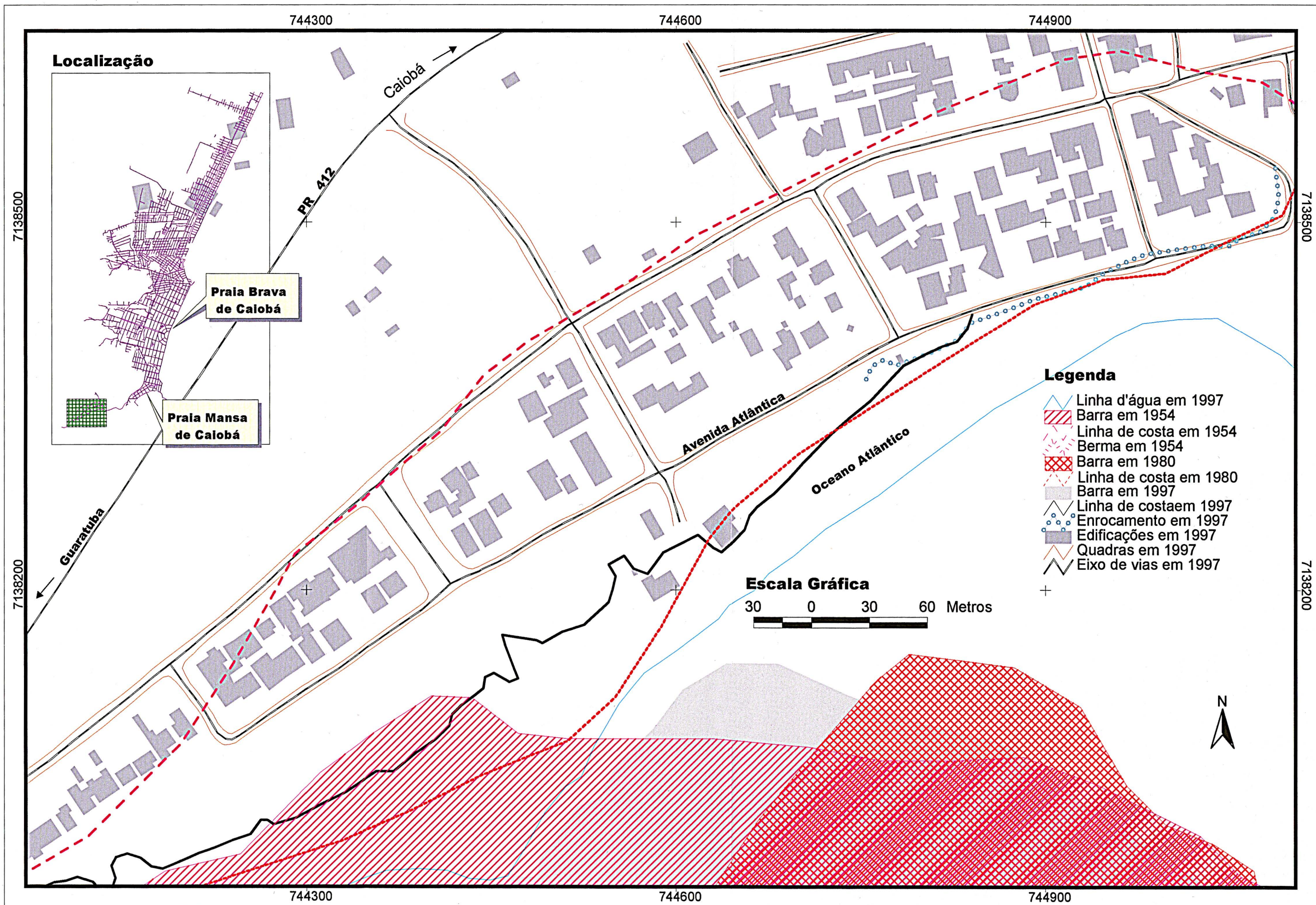


Figura 6.2.4.1a: Variação da linha de costa e da barra na Prainha.





Figura 6.2.4.1b: Vista da porção NE da Prainha com enrocamentos e face praial bastante curta (Setembro de 2001)

#### 6.2.4.2 Linha de Costa

Mesmo não havendo dados sobre a linha de costa em 1969, as variações ocorridas entre 1954 e 1980, mostraram a mesma tendência ocorrida no período 1954-69 para a maioria das praias estudadas, quando ocorreu progradação bastante acentuada. Tanto na porção SW como NE, os valores de TVLC (tabs. 6.2.4.2a e 6.2.4.2b) apresentaram-se muito altos, indicando um grande avanço da linha de costa, sendo que na porção NE, entre 1954 e 1980, foi obtido o maior valor entre todas as praias.

Tabela 6.2.4.2a: Resultados da variação da linha de costa para a porção SW da Prainha (ext.=580 m).

Período	Avanço (m <sup>2</sup> )	Recuo (m <sup>2</sup> )	Saldo (m <sup>2</sup> )	TVLC (m)
1954-80	52913,53	0	52913,53	91,23
1980-97	0	-15244,8	-15244,8	-26,28
<b>1954-97</b>	<b>41918,34</b>	<b>0</b>	<b>41918,34</b>	<b>72,27</b>

Entre 1980 e 1997 houve um recuo também acentuado para ambas porções da praia. Quanto a isso, o valor de recuo na porção NE (-3 m) poderia indicar pouca mobilidade

desta porção de praia. Porém, deve-se levar em conta a construção de enrocamentos na década de 80 que determinaram uma artificialização da linha de costa a partir daí.

Tabela 6.2.4.2a: Resultados da variação da linha de costa para a porção NE da Prianha(ext.=580 m).

Período	Avanço (m²)	Recuo (m²)	Saldo (m²)	TVLC (m)
1954-80	70670,58	-125,41	70545,17	121,62
1980-97	1722,72	-3395,55	-1672,83	-2,88
<b>1954-97</b>	<b>64092,89</b>	<b>0</b>	<b>64092,89</b>	<b>110,5</b>

Visualmente pode-se perceber que em 1980 a linha de costa já estava definida por enrocamentos (fig. 6.2.4.1a). Verificou-se também que, apesar das porções central e SW terem sofrido invasão sobre a face superior da praia, em todos os períodos de fotointerpretação elas encontram-se protegidas da energia das ondas pela presença da barra transversal.

A TVLC manteve-se bastante alta também entre 1954 e 1997, com 72 m na porção SW e 110 m na porção NE.

Pode-se perceber pela figura 6.2.4.1a que a dinâmica da barra transversal, tinha influência direta na posição da linha de costa, recuando quando a barra se aproximava e vice-versa. A maior variação visual da linha de costa ocorreu na porção central da praia, entre 1954 e 1980, atingindo 190 m de avanço da linha de costa. Entretanto, a área com maior problema ambiental devido à incidência das ondas, ocorreu e ainda ocorre no extremo NE desta praia, onde foram construídos enrocamentos para contenção das ondas numa extensão de 299 m (27 % de toda praia).

#### 6.2.4.3 Perfis Planialtimétricos e Volume Praia

Tal como a Praia Mansa, também nesta praia foram realizados perfis apenas em um local e onde ocorrem os problemas de erosão.

Os perfis indicaram uma praia bastante curta (cerca de 25 m) e declividades em torno de 4°, apesar do perfil de fevereiro de 1999 apresentar-se mais íngreme (fig. 6.2.4.3a). Pode-se perceber que a partir de junho de 2000 os perfis passaram a apresentar um rebaixamento de toda a face de praia.

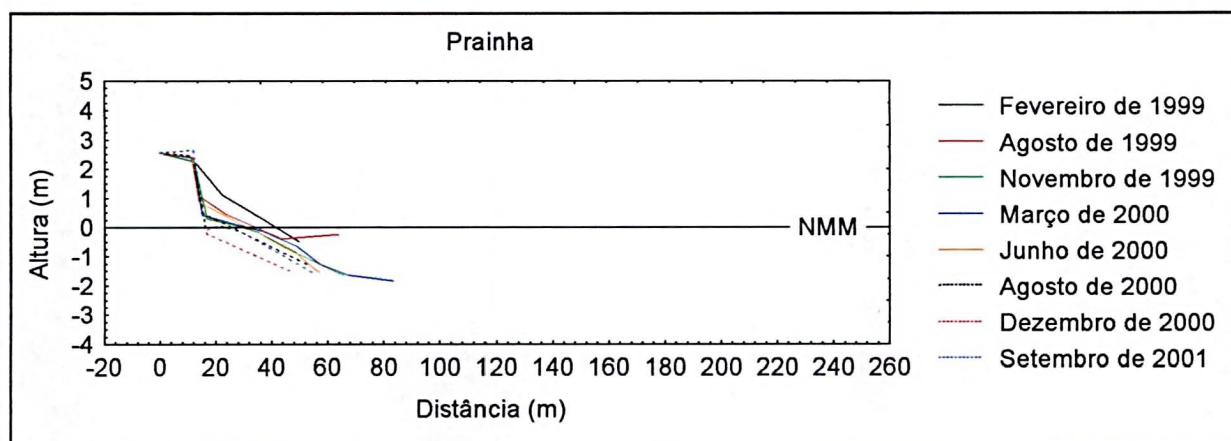


Figura 6.2.4.3a: Perfis planialtimétricos da Prainha

Em alguns períodos, como agosto de 1999 e junho de 2000, encontrou-se a barra de arrebentação muito próxima da praia, praticamente soldada a ela. Em vista disso e do que já foi exposto sobre os perfis, a Prainha apresenta um estado morfodinâmico intermediário a refletivo. No entanto, o enrocamento construído neste local poderia estar induzindo um estado mais refletivo ao perfil praial e que, provavelmente, não seria similar ao estado modal original da praia, tal como o que ocorre no perfil 1 da Praia Brava de Caiobá (figs. 6.2.2.3a e 6.2.2.3b).

O saldo do balanço sedimentar total para a Prainha foi negativo ( $-52 \text{ m}^3$ ), demonstrando que os processos erosivos nesta praia foram mais efetivos, apesar do balanço no último período de campanha (fig. 6.2.4.4) ter apresentado certa recuperação ( $22 \text{ m}^3$ ).

O balanço sedimentar negativo entre agosto e novembro de 1999 e agosto e dezembro de 2000 ( $-25$  e  $-27 \text{ m}^3$ , respectivamente), mostraram que a estação da primavera teria um caráter mais erosivo na dinâmica natural desta praia.

Tal como na Praia Mansa, o período entre novembro de 1999 e agosto de 2000 se apresentaram com certa estabilidade (fig. 6.2.4.3b), coincidindo com o último fenômeno LaNiña (CPTEC, 2002)



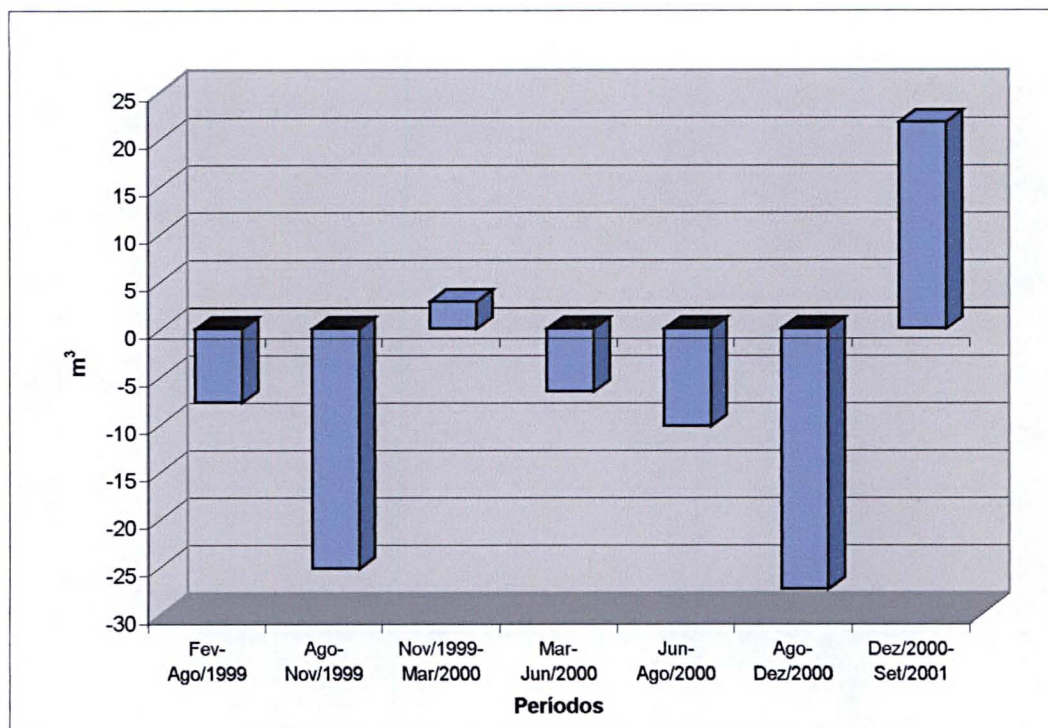


Figura 6.2.4.3b: Resultado do cálculo de volumes praias para a Prainha

Apesar das diferenças morfológicas que atualmente ocorrem entre a Prainha e a Praia Mansa, como a presença de bermas em toda a extensão da Praia Mansa e a dinâmica das barras de arrebentação (figs. 6.2.3.1a e 6.2.4.1a), elas apresentaram algumas similaridades. Além de serem contíguas e apresentarem a mesma direção, os processos erosivos mais intensos deram-se nas porções NE das praias, podendo-se notar também que os volumes praias entre os períodos de medição (figs. 6.2.3.3b e 6.2.4.3b), apresentaram-se muito parecidos entre elas. Isto leva a crer que a dinâmica costeira atuante nestas praias poderia ser a mesma, apesar da intensa progradação ocorrida após 1954 na Prainha, enquanto que na praia Mansa ocorreu um processo inverso no mesmo período.

Deve-se enfatizar que estas duas praias são de desembocadura e estão intimamente relacionadas às configurações geomórficas do delta de maré vazante da Baía de Guaratuba, além das correntes de deriva litorânea e de marés. Desta forma, apresentam-se com uma dinâmica muito mais complexa do que as praias oceânicas dominadas por ondas.

O resultado do volume praial estimado (fig. 6.2.4.3c), indicou alta deposição no período de 1954 a 1980 (287 m³), similar ao período total (272 m³). Estes valores foram bastante influenciados pelo intenso avanço da linha de costa ocorrido no primeiro período.

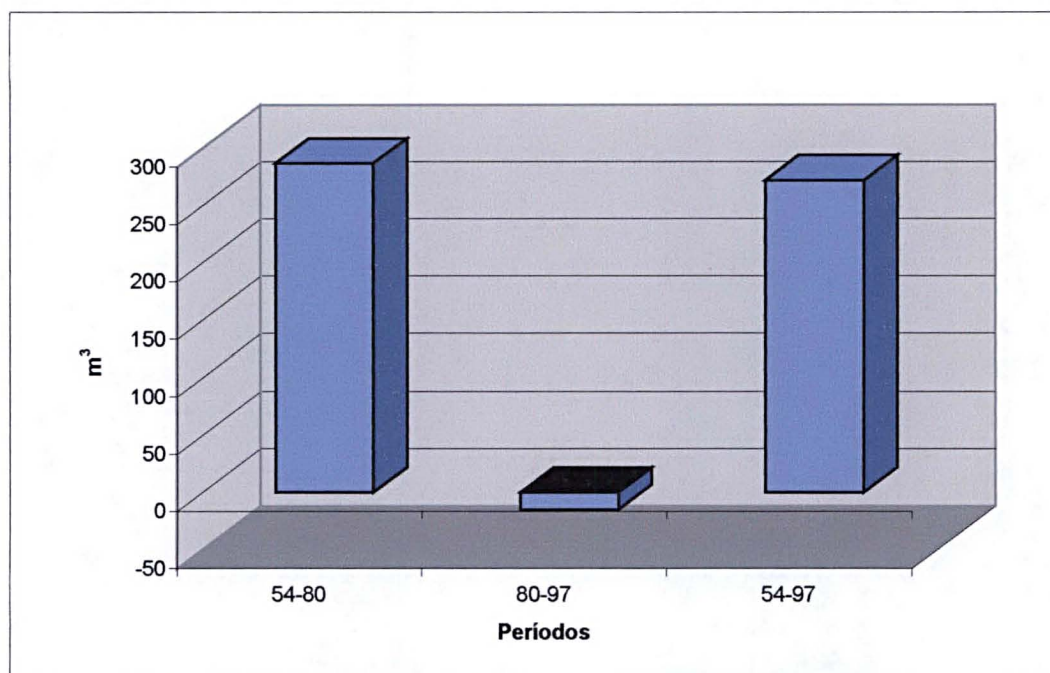


Figura 6.2.4.3c: Volume praiar estimado da Prainha, baseado nas relações entre o perfil médio e as variações da linha de costa.

## 6.2.5 Caieiras

### 6.2.5.1 Morfologia

Segundo ANGULO & ARAÚJO (1996), a praia de Caieiras foi classificada como associada à desembocadura, apresentando uma dinâmica dominada por ondas e correntes de maré.

Tal como as praias Mansa e Prainha, esta praia também possui grande influência do delta de maré vazante (*ebb tidal delta*) da Baía de Guaratuba, sendo que pequenas variações na configuração deste delta provocam mudanças significativas na morfologia e na mobilidade da praia.

Esta praia possui uma forma peculiar, com uma face de menor extensão voltada para norte (320 m) e outra maior voltada para leste (610 m). Com nível médio do mar, a face voltada para norte possui uma largura média de praia em torno de 94 m e a face voltada para leste em torno de 135 m.

Comparando as fotos aéreas de 1954, 1980 e 1997, verifica-se uma grande variabilidade da configuração morfológica das barras entre esses períodos (fig. 6.2.5.1a). Essas barras estão associadas à porção sul do delta e comparando-se com a morfologia das

barras das praias Mansa e Prainha, que estão associadas à porção norte do delta, verifica-se que a porção sul apresentou-se morfologicamente mais complexa.

Tanto nas fotos aéreas de 1997 (fig. 6.2.5.1a), como em observações de campo, foram encontradas bermas e dunas frontais em toda extensão da praia. Apesar desta similaridade, a porção norte da praia tem uma direção aproximada para leste, é adjacente ao canal do delta e tem declividade acentuada na área submersa ( $> 5^\circ$ ). A outra porção da praia é mais extensa, com direção aproximada norte e tem presença de dunas frontais em toda sua extensão (fig. 6.2.5.1b).

#### 6.2.5.2 Linha de Costa

Sobre as variações da linha de costa do Paraná, ANGULO (1993) fez comparações com fotos aéreas de várias datas e concluiu que a praia de Caieiras sofreu erosão na porção norte e sedimentação na porção sul. O autor associa isto aos mesmos processos de variação na configuração do delta de maré vazante que provocaram sedimentação na Prainha, quando ocorreu uma inflexão do canal principal para sul.

As medições de variação da linha de costa desta praia foram realizadas com base na sua morfologia (fig. 6.2.5.1a), dividindo-se em duas porções, no ponto de inflexão da praia para sul. Os resultados da TVLC (tabs. 6.2.5.2a e 6.2.5.2b) indicaram um recuo da linha de costa em ambas porções da praia, no período de 1954 a 1980, com maior intensidade na porção sul. O inverso ocorreu no período seguinte (1980 a 1997), quando na porção sul ocorreu intenso avanço da linha de costa e em menor proporção na porção norte. Apesar disso, deve-se ressaltar que nesta porção a linha de costa foi modificada por intervenção humana sobre as áreas de praia que foram e são usadas como estacionamento de carros e barcos. Desta forma, a variação da linha de costa no último período citado não corresponderia a uma dinâmica natural.



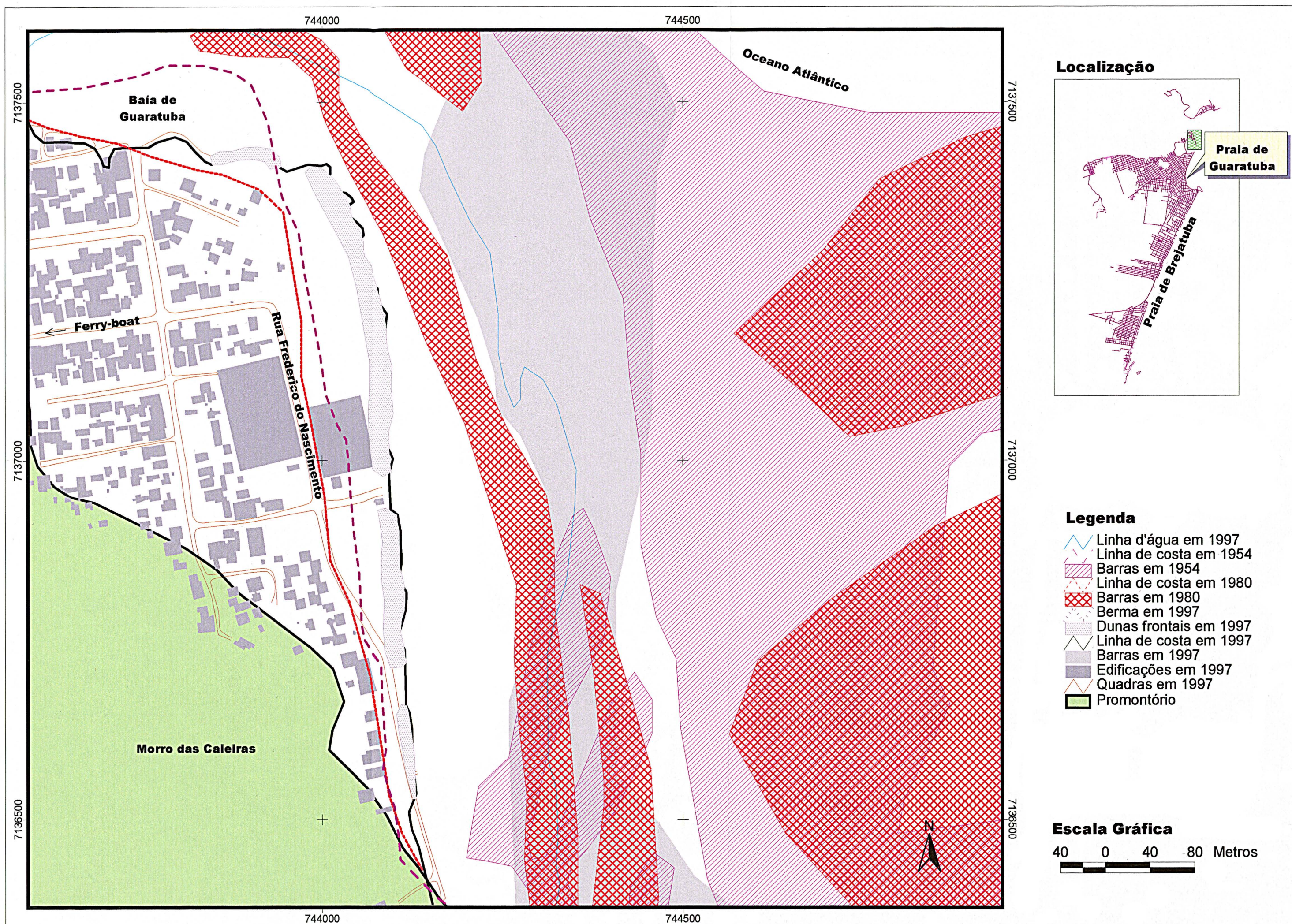


Figura 6.2.5.1a: Deslocamento da barra transversal e da linha de costa na Praia de Caieiras.





Figura 6.2.5.1b: Vista da porção sul da praia de Caieiras, com presença de dunas frontais (direita ao fundo)

Tabela 6.2.5.2a: Resultados da variação da linha de costa para a porção sul da Praia de Caieiras (ext.=610 m).

Período	Avanço (m <sup>2</sup> )	Recuo (m <sup>2</sup> )	Saldo (m <sup>2</sup> )	TVLC (m)
1954-80	482,35	-7270,53	-6788,18	-11,13
1980-97	30037,04	0	30037,04	49,24
<b>1954-97</b>	<b>24846,67</b>	<b>0</b>	<b>24846,67</b>	<b>40,73</b>

Tabela 6.2.5.2b: Resultados da variação da linha de costa para a porção norte da Praia de Caieiras (ext.=320 m).

Período	Avanço (m <sup>2</sup> )	Recuo (m <sup>2</sup> )	Saldo (m <sup>2</sup> )	TVLC (m)
1954-80	0	-16441,92	-16441,9	-51,38
1980-97	4291,99	-1349,35	2942,64	9,2
<b>1954-97</b>	<b>0</b>	<b>-15156,12</b>	<b>-15156,1</b>	<b>-47,36</b>

O resultado no período total (1954 a 1997) para a porção norte da praia foi bastante negativo (-47 m), indicando um recuo acentuado da linha de costa. Neste mesmo período para a praia toda, a TVLC indicou que houve um avanço geral da linha de costa (23 m). Este resultado foi muito influenciado pelos valores obtidos na porção sul da praia (41 m).

Nos perfis realizados em Caieiras 2 (porção sul da praia) foi possível medir as variações da linha de costa durante as campanhas de campo e, apenas nos períodos de agosto

a novembro de 1999 e junho a agosto de 2000, os valores ultrapassaram 1 metro (tab. 6.2.5.2c).

O valor total acumulado de variação de linha de costa em todos os períodos foi de 3,60 m com variação média positiva de 1,37 m/ano, indicando estabilidade na mobilidade da praia, com uma pequena progradação. Esta estabilidade pode ser confirmada quando se compara com os dados de variação de linha de costa obtidos na praia de Itapoá (10 km ao sul da área de estudo), onde houve recuos de mais de 20 m (SOUZA & ANGULO, 2003).

Tabela 6.2.5.2c: Medição de variações de linha de costa na praia de Caieiras, porção sul.

Períodos	Linha de costa (m)
Fevereiro a Agosto de 1999	-0,65
Agosto a Novembro de 1999	1,93
Novembro de 1999 a Março de 2000	-0,24
Março a Junho de 2000	0,80
Junho a Agosto de 2000	1,28
Agosto a Dezembro de 2000	0,67
Dezembro de 2000 a Setembro de 2001	-0,19
Totais	3,60

### 6.2.5.3 Perfis Planialtimétricos e Volume Praia

Nesta praia foram realizados perfis em dois locais: Caieiras 1 que se situa na porção norte, entrada da baía de Guaratuba e Caieiras 2, que se encontra na porção sul (fig. 6.2.5.3a).

Para todos os perfis levantados em Caieiras 1 a morfologia foi similar, com exceção de fevereiro de 1999, que apresentou a porção central do perfil mais suave que nos outros períodos. Na maior parte dos perfis de Caieiras 2 houve a presença de bermas entre 120 e 140 m e, pelo menos em agosto de 1999 e junho de 2000, as barras de espraiamento se apresentaram bem pronunciadas a 250 m do ponto de origem (fig. 6.2.5.3a).

Através da morfologia observada nos perfis e das características descritas anteriormente, pode-se notar que a porção norte apresentou um estado praiar intermediário e a porção sul de intermediário a dissipativo.



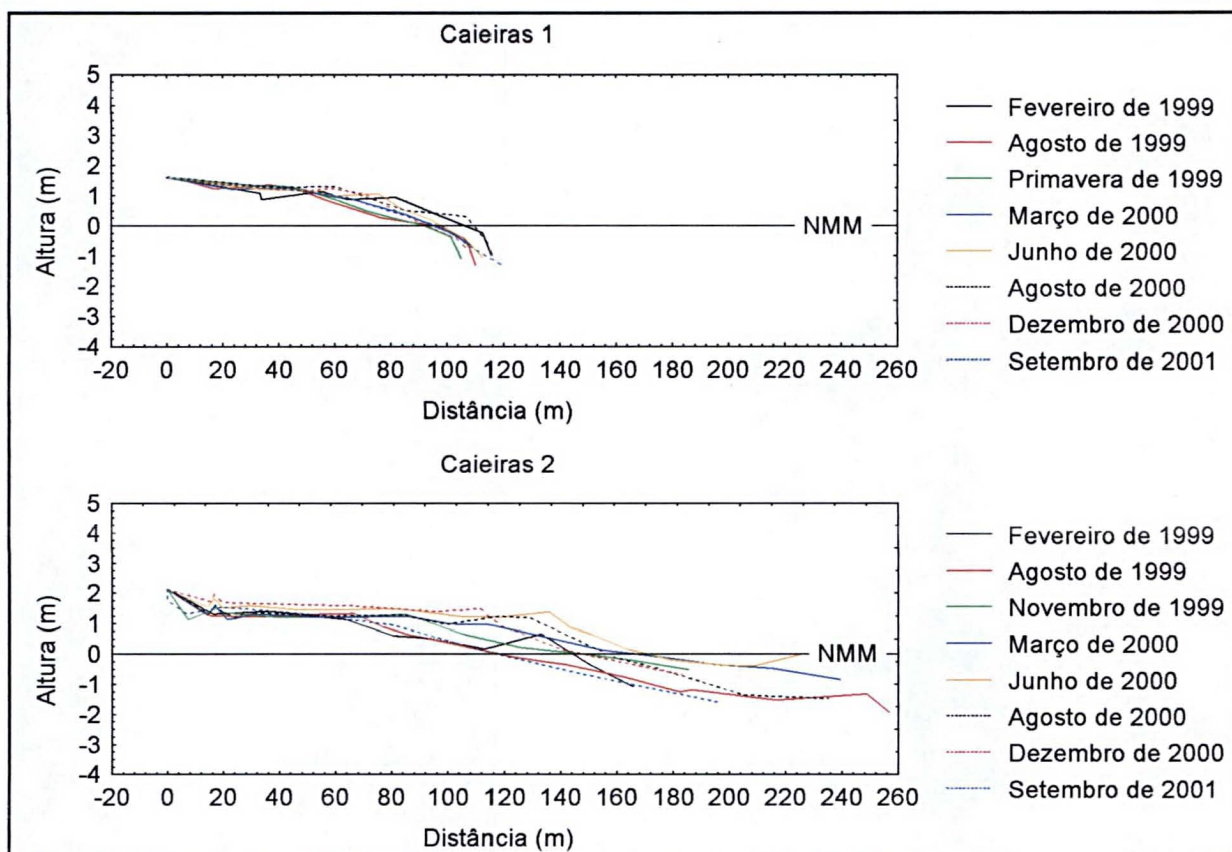


Figura 6.2.5.3a: Perfis planialtimétricos da Praia de Caieiras.

O primeiro e último períodos de medição de perfis na porção norte da praia (Caieiras 1), são representativos das épocas mais erosivas ( $-26 \text{ m}^3$  e  $-22 \text{ m}^3$ , respectivamente). Nos outros períodos pode-se notar certa estabilidade no balanço sedimentar (fig. 6.2.5.3b), apesar do balanço sedimentar total ter apresentado uma pequena perda de sedimentos ( $-18 \text{ m}^3$ ).

A porção sul da praia (Caieiras 2) mostrou-se instável com muita deposição entre agosto de 1999 e março de 2000 e intensa erosão entre agosto de 2000 e setembro de 2001 (fig. 6.2.5.3b), sendo que o saldo total do balanço sedimentar apresentou uma intensa erosão ( $-46 \text{ m}^3$ ). Esta instabilidade poderia estar relacionada às mudanças nas configurações das barras do delta de maré vazante da Baía de Guaratuba e que são longitudinais a esta praia, enquanto que a porção norte está relacionada à barra marginal do canal principal que não deve ter sofrido movimentações significativas. Estas relações já foram observadas na fotointerpretação (fig. 6.2.5.1), onde em várias épocas as barras, situadas à frente da porção sul de Caieiras, apresentaram intensas variações nas suas configurações morfológicas.

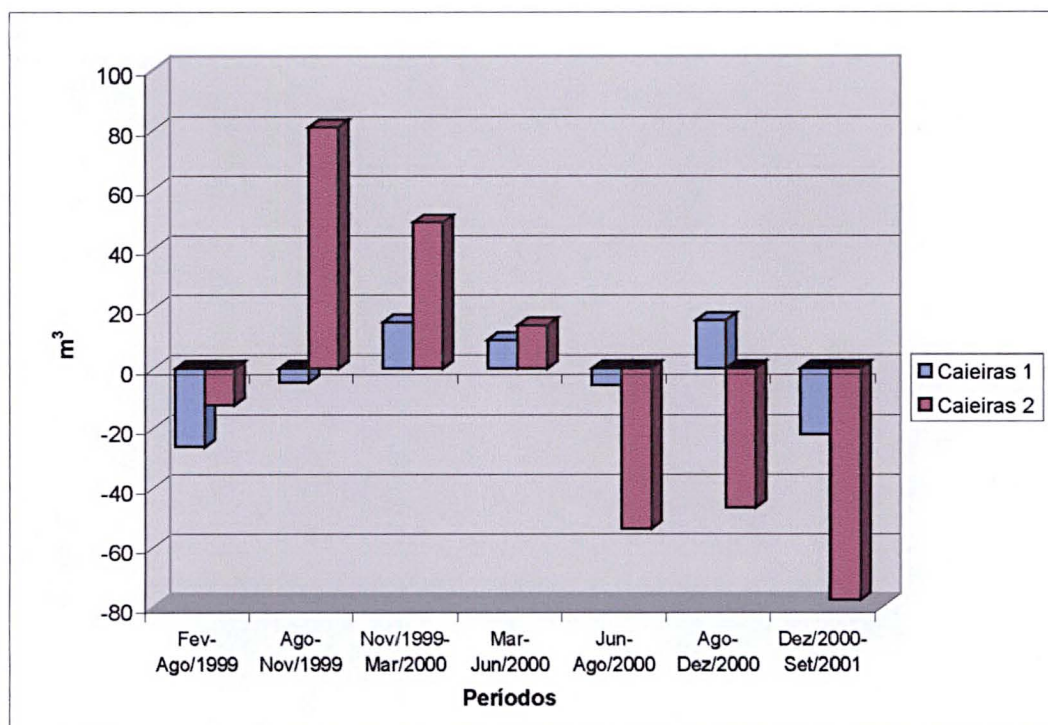


Figura 6.2.5.3b: Resultado do cálculo de volumes praias para a Praia de Caieiras

O volume praias estimado para o período total (fig. 6.2.5.3c) apresentou diferença entre as porções da praia, com erosão na porção norte (-64 m³) e deposição na porção sul (79 m³). Entretanto, a erosão da porção norte, tal como já discutido nos cálculos da TVLC, não corresponde a uma dinâmica natural, já que as variações de linha de costa no local foram influenciadas pela intervenção humana.

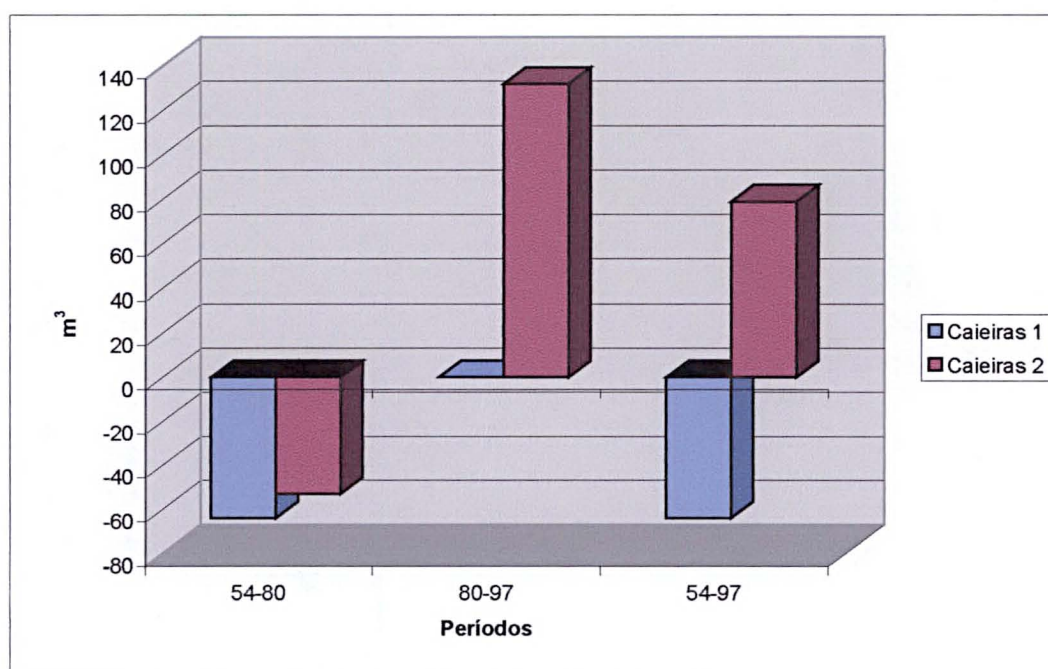


Figura 6.2.5.3c: Volume praias estimado da Praia de Caieiras, baseado nas relações entre o perfil médio e as variações da linha de costa.

## 6.2.6 Guaratuba

### 6.2.6.1 Morfologia

A praia de Guaratuba tem uma extensão de 2.440 m, tem forma retilínea na sua maior parte, com direção predominante nordeste e é limitada por dois promontórios, o morro de Caieiras ao norte e o morro do Cristo ao sul. Atualmente, a porção norte da praia tem uma largura média, com nível médio do mar, em torno de 91 m e a porção sul em torno de 100 m.

Quanto à classificação do tipo de costa, ANGULO & ARAÚJO (1996) dividiram esta praia em oceânica (extensão de 2 km do morro do Cristo para norte) e associada à desembocadura (extensão de 0,4 km do morro de Caieiras para sul). É uma praia arenosa, de granulometria média a muito fina, predominantemente dissipativa e dominada por ondas e correntes de deriva litorânea.

Não foi possível fazer o mapeamento de barras e linhas de costa nesta praia para 1969, devido à falta de fotos aéreas deste período. De uma forma geral, o mapeamento das barras mostrou regularidade no posicionamento delas, apresentando uma barra de arrebentação e uma barra de espraçamento bem visível em toda extensão da praia no ano de 1997 (fig. 6.2.6.1a). Em 1980 as barras só aparecem juntas a partir do centro da praia para norte (fig. 6.2.6.1b) e em 1954 somente na porção norte, próximo ao morro de Caieiras (fig. 6.2.6.1c). Na porção norte, também se verificou que em 1980 a barra de arrebentação bifurcava-se para NE, provavelmente devido à influência do delta de maré vazante da Baía de Guaratuba (fig. 6.2.6.1c).

Quanto às geoformas na face praial, apenas em 1997 pode-se verificar a presença de bermas em toda extensão da praia (figs. 6.2.6.1a, 6.2.6.1b e 6.2.6.1c).



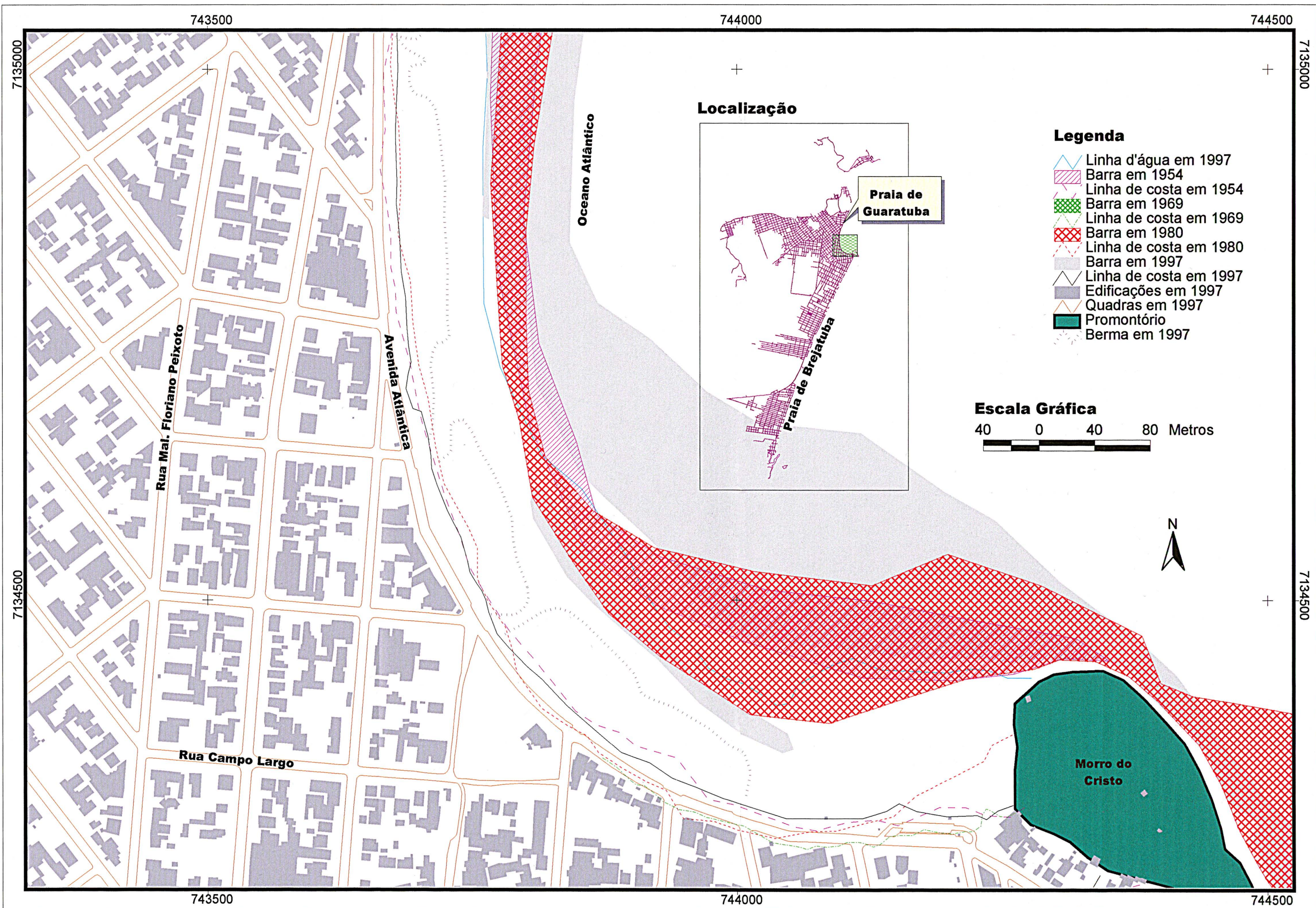


Figura 6.2.6.1a: Deslocamento da barra e linha de costa na porção sul da Praia de Guaratuba



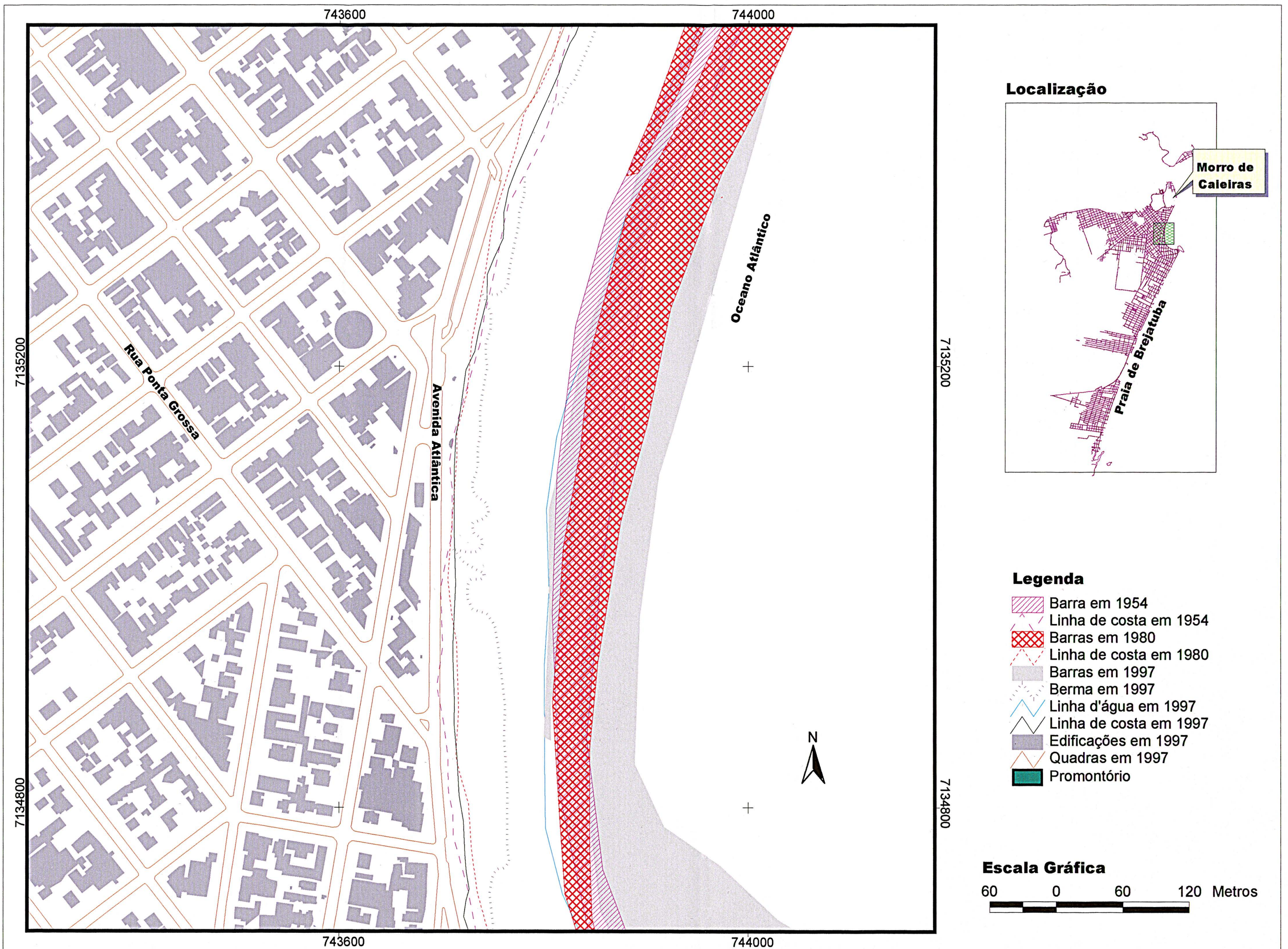


Figura 6.2.6.1b: Deslocamento da barra e da linha de costa na porção central da Praia de Guaratuba



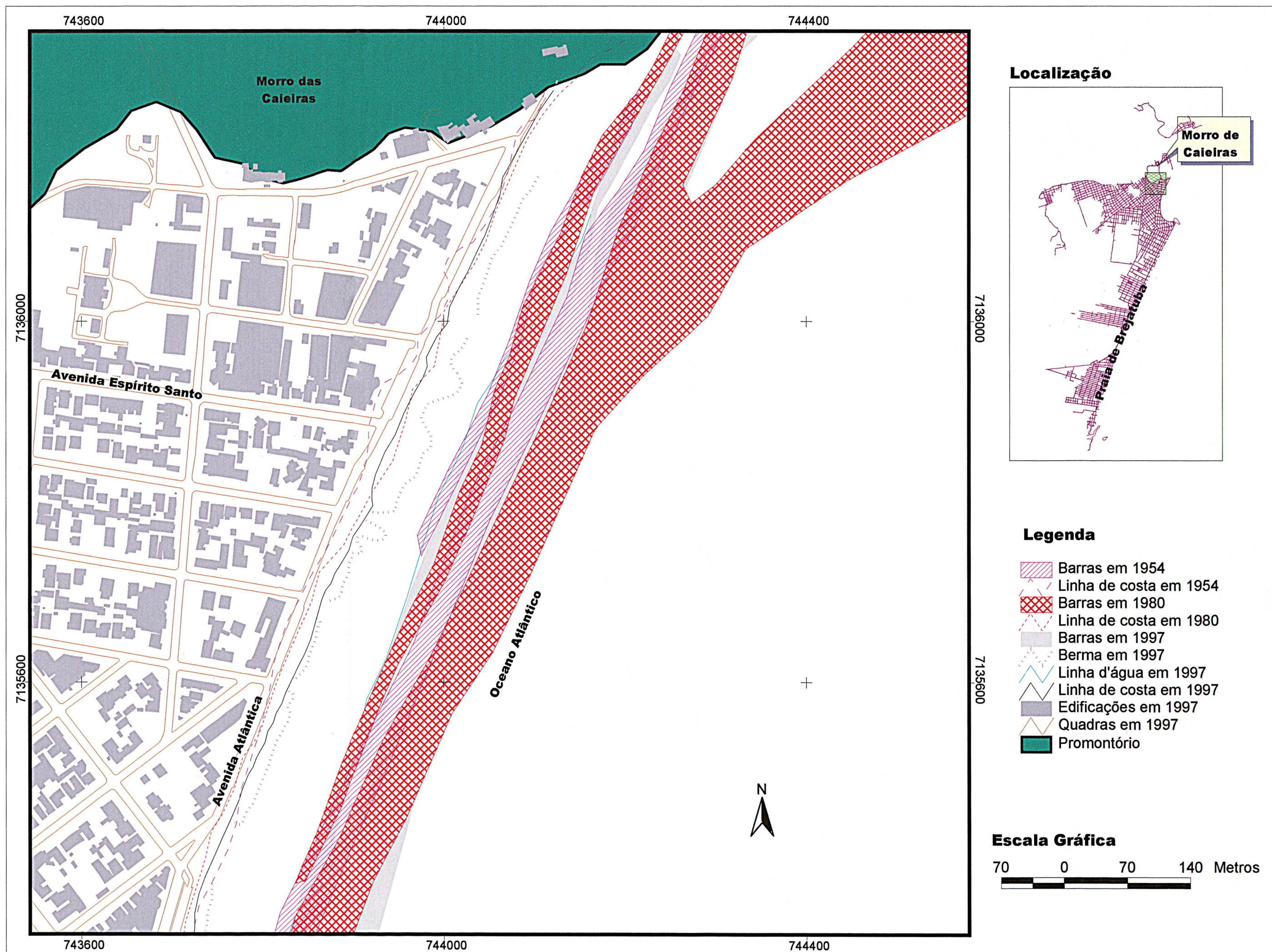


Figura 6.2.6.1c: Deslocamento da barra e da linha de costa na porção norte da Praia de Guaratuba



### 6.2.6.2 Linha de Costa

Devido à intervenção humana sobre a face superior da praia, com a construção de calçadas e muros de contenção durante a década de 80, não foi possível fazer a medição das variações da linha de costa durante as campanhas de campo.

Os valores de TVLC entre 1954 e 1980, mostraram que tanto a porção sul como a porção norte da praia apresentaram um ligeiro avanço da linha de costa, sendo mais acentuado na porção norte (tabs. 6.2.6.2a e 6.2.6.2b). Para o período seguinte (1980 a 1997) a porção sul apresentou estabilidade e a porção norte uma ligeira progradação.

Tabela 6.2.6.2a: Resultados da variação da linha de costa para a porção sul da Praia de Guaratuba (ext.=1224 m).

Período	Avanço (m²)	Recuo (m²)	Saldo (m²)	TVLC (m)
1954-80	10057,53	-7657,22	2400,31	1,96
1980-97	7025,88	-7472,8	-446,92	-0,36
<b>1954-97</b>	<b>4821,44</b>	<b>-3338,87</b>	<b>1482,57</b>	<b>1,21</b>

Tabela 6.2.6.2b: Resultados da variação da linha de costa para a porção norte da Praia de Guaratuba (ext.=1224 m).

Período	Avanço (m²)	Recuo (m²)	Saldo (m²)	TVLC (m)
1954-80	12085,7	-3912,89	8172,82	6,68
1980-97	6358,81	-2310,85	4047,96	3,31
<b>1954-97</b>	<b>13589,6</b>	<b>-1625,74</b>	<b>11963,9</b>	<b>9,77</b>

Apesar de diferentes, para ambas porções da praia os valores de TVLC foram baixos em comparação com os valores de referência ( $M=12$  m e  $DP=31$ ), indicando que a mobilidade da praia permaneceu estável. Esta estabilidade também foi verificada para toda a praia entre 1954 e 1997 (5 m).

A baixa mobilidade, verificada principalmente no último período (1980 a 1997), poderia ser resultado da construção de muros em toda extensão da praia, que teria artificializado a posição da linha de costa. Apesar disso, durante as campanhas de campo verificou-se a presença de vegetação próximo ao muro de contenção (fig. 6.2.6.2a), indicando que a linha de costa poderia se encontrar naturalmente próxima da posição em que se encontra atualmente o muro.



Figura 6.2.6.2a: Vegetação encontrada próxima ao muro de contenção na praia de Guaratuba (junho de 2000)

A figura 6.2.6.2b mostra que o muro de contenção da praia de Guaratuba foi construído pelo menos duas vezes, sendo que na primeira vez ele estava cerca de 0,50 m abaixo do muro atual, podendo indicar ondas com menos energia e possíveis ressacas de menor intensidade que as atuais ou, mais especificamente, a partir da segunda construção do muro.

Visualmente, as variações da linha de costa confirmam a baixa mobilidade desta praia. As maiores variações ocorreram pontualmente, sendo que o maior recuo (-40 m) ocorreu na porção sul entre 1954 e 1980 (fig. 6.2.6.1a) e o maior avanço (39 m) deu-se na porção norte no mesmo período (fig. 6.2.6.1c).



Figura 6.2.6.2b: Muros de contenção construídos em épocas diferentes na praia de Guaratuba. Salienta-se a posição do muro mais antigo (seta) que está cerca de 0,50 m abaixo do muro mais novo (maio de 2001).

#### 6.2.6.3 Perfis Planialtimétricos e Volume Praia

Os perfis realizados em Guaratuba 1 e 2, mostraram-se muito semelhantes, excetuando-se a presença de berma em abril de 2001 a 30 m do ponto de origem em Guaratuba 2 (fig. 6.2.6.3a). Os perfis neste local também apresentaram declividades mais acentuadas que em Guaratuba 1.



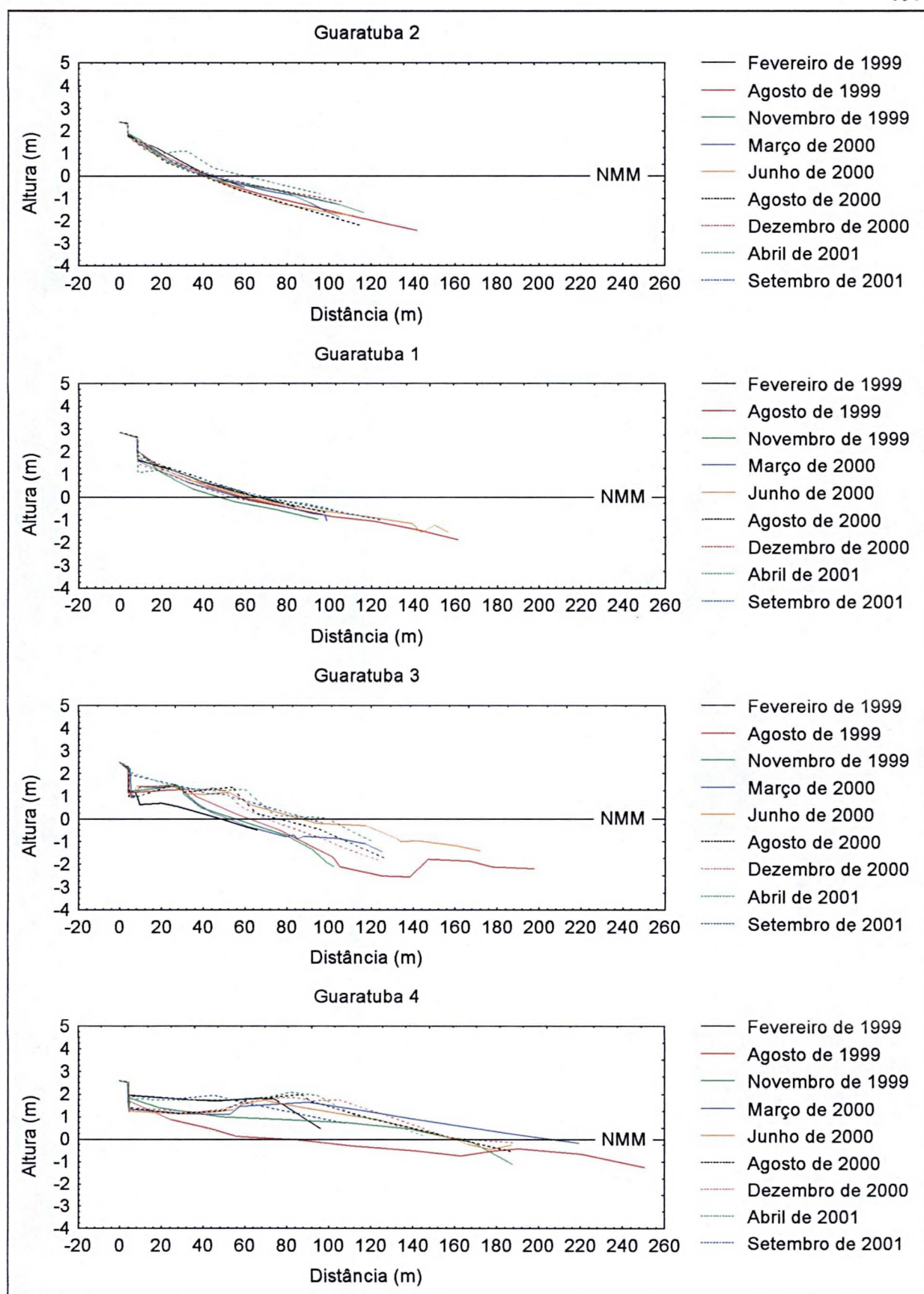


Figura 6.2.6.3a: Perfis planialtimétricos da Praia de Guaratuba

Os perfis 3 e 4 apresentaram morfologias muito próprias e com acentuadas variações entre os períodos de medição. Em Guaratuba 3 destaca-se a presença de uma calha com 30 m de largura seguida de barra, na facie distal do perfil de agosto de 1999. Este perfil e os de novembro de 1999 e março de 2000, tiveram a presença de bermas a cerca de 30 m do ponto de origem, enquanto que nos perfis de junho, agosto e dezembro de 2000 e, abril e setembro de 2001, as bermas haviam avançado 30 m na face praial (fig. 6.2.6.3a). Em Guaratuba 4 quase todos os perfis apresentaram bermas entre 70 e 100 m e barra a 180 m da origem nos perfis de agosto de 1999 e junho de 2000.

As características descritas sobre as geoformas da praia e a morfologia dos perfis, permitiram indicar um estado praial intermediário, havendo tendência para um estado mais dissipativo na porção norte (Guaratuba 1 e 2).

Para Guaratuba 3 e 4 os perfis de abril e setembro de 2001 não representam apenas a dinâmica natural da praia. Devido ao represamento das águas de esgoto, causado pela construção natural de bermas, foram realizadas obras de terraplenagem em janeiro de 2001 para que esta água pudesse escoar diretamente ao mar (fig. 6.2.6.3b e 6.2.6.3c). Estas obras foram realizadas para amenizar o impacto causado pelo represamento das águas de esgoto, mas causaram outras formas de impacto como mal cheiro e aspecto visual negativo.

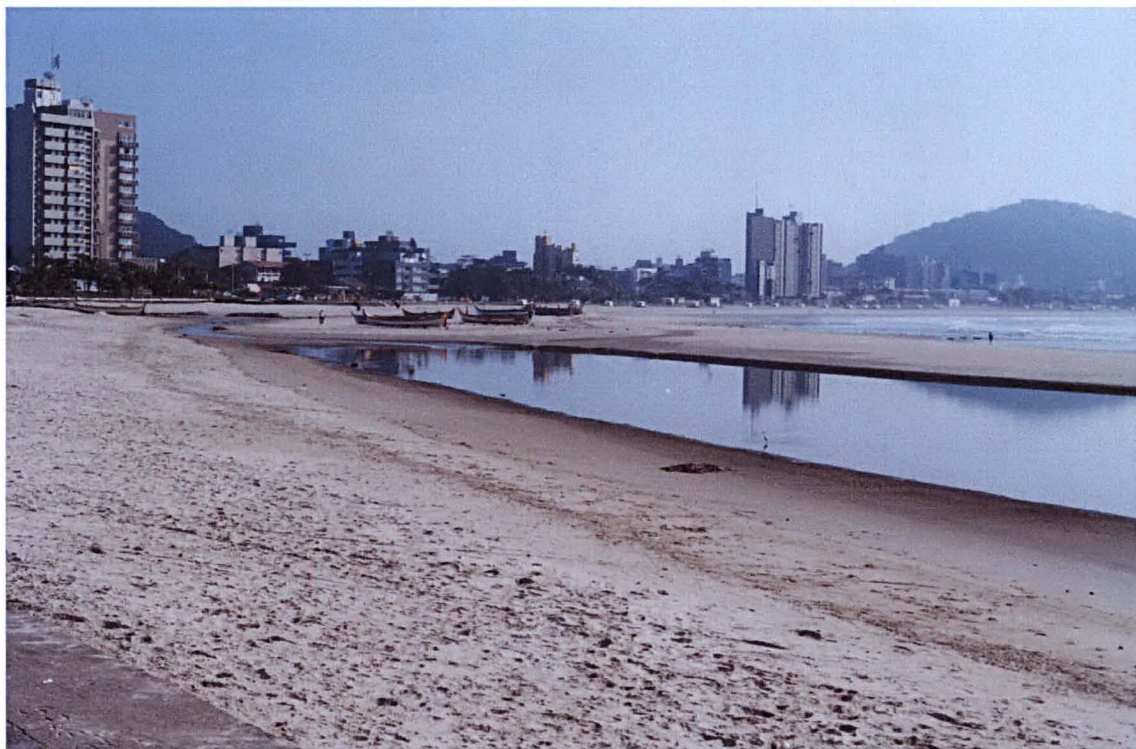


Figura 6.2.6.3b: Água de esgoto lançado na praia de Guaratuba e represada pela construção natural de bermas (junho de 2000)



Por outro lado, essas águas são lançadas diretamente ao mar e sem nenhum tratamento, acarretando outra forma de impacto ambiental que é a poluição das águas usadas por banhistas, tornando-as impróprias ao banho. Sendo assim, torna-se evidente que um novo planejamento sobre o sistema de drenagem deveria ser realizado.



Figura 6.2.6.3c: Obra de terraplenagem na praia de Guaratuba que permitiu o lançamento do esgoto diretamente na praia (abril de 2001)

O balanço sedimentar em Guaratuba 1 apresentou, na maioria dos períodos medidos, valores baixos de deposição ou erosão (fig. 6.2.6.3d), com exceção de março a junho de 2000 e abril a setembro de 2001, que apresentou valores altos de erosão ( $-44$  e  $-39 \text{ m}^3$ , respectivamente) e influenciaram o balanço sedimentar total neste local em  $-75 \text{ m}^3$ . Em Guaratuba 2 o resultado do balanço sedimentar também apresentou valores baixos (fig. 6.2.6.3d), mas nos períodos de março a junho de 2000 e dezembro de 2000 a abril de 2001, os resultados indicaram as mais altas deposições neste local ( $75$  e  $58 \text{ m}^3$ , respectivamente), elevando o balanço sedimentar total ( $58 \text{ m}^3$ ).



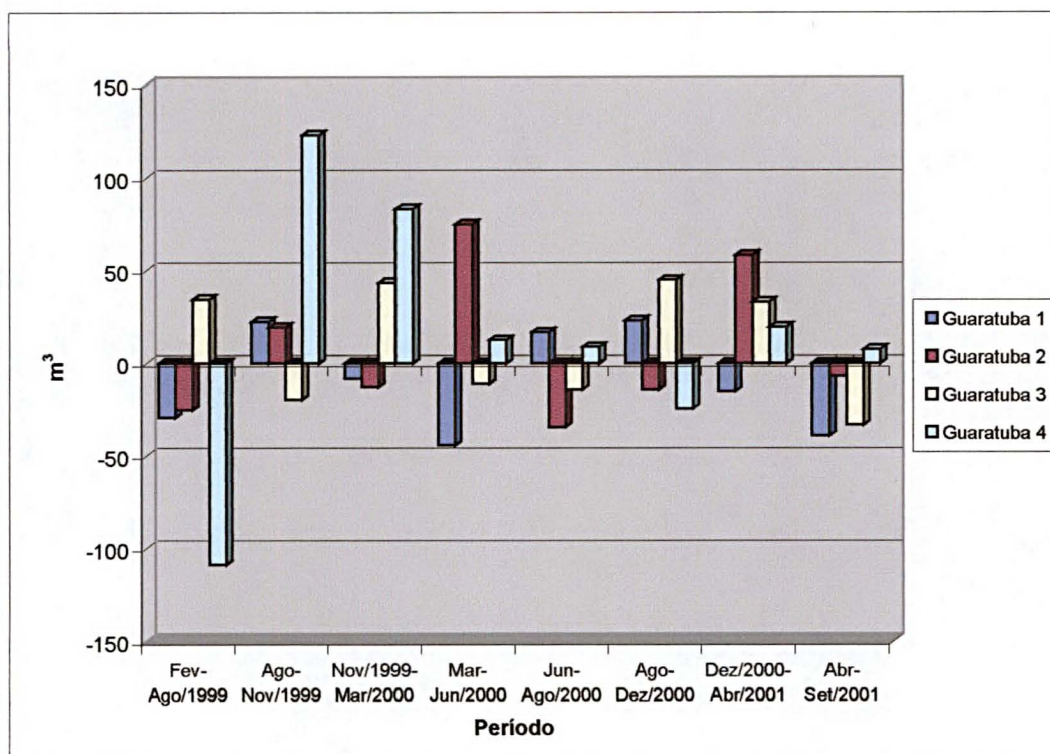


Figura 6.2.6.3d: Resultado do cálculo de volumes praias para a Praia de Guaratuba

Apesar da grande variação morfológica dos perfis verificada em Guaratuba 3 (fig. 6.2.6.3a), o balanço sedimentar nos períodos levantados não chegaram a  $50 \text{ m}^3$ , tanto em erosão como deposição. Neste local, o balanço sedimentar total foi de  $77 \text{ m}^3$ . Comparando-se os resultados de toda praia e dos valores de referência ( $M=0,05 \text{ m}^3$  e  $DP=45$ ), Guaratuba 4 apresentou valores muito altos de balanço sedimentar total ( $121 \text{ m}^3$ ). Nos três primeiros períodos de campanha houve perda de  $-109 \text{ m}^3$  de sedimento no primeiro período e deposição de  $123$  e  $83 \text{ m}^3$  nos períodos seguintes (fig. 6.2.6.4).

No período monitorado houve deposição nas partes central e sul da praia (média de  $86 \text{ m}^3$  para os perfis em Guaratuba 2, 3 e 4) e erosão na parte norte ( $-75 \text{ m}^3$  para os perfis em Guaratuba 1). Este comportamento pode ser atribuído ao incremento das correntes de deriva litorânea para sul. Segundo BIGARELLA (1966) e ANGULO (1993) a deriva litorânea predominante do litoral paranaense é de sul para norte. Porém, na região atuam dois sistemas de ondas: um de sul-sudeste e outro de leste-nordeste (ALVES, 1996). Durante o período de levantamento dos perfis esteve atuante o fenômeno La Niña (CPTEC, 2002), que segundo SOUZA & ANGULO (2000), pode ter diminuído a frontogenesis e, conseqüentemente, a energia e frequência das ondas provenientes de sul-sudeste. Desta forma, houve um aumento relativo da deriva litorânea de norte para sul, causando um balanço sedimentar total negativo para os perfis na porção norte de Guaratuba.

Devido à falta de fotos aéreas de 1969 nesta praia, somente para o perfil Guaratuba 4 foram realizados os cálculos de volume praial estimado neste período. Os volumes em Guaratuba 1 e 3 (30 e 31 m<sup>3</sup>, respectivamente) mostraram deposição no período de 1954 a 1980 e no período total, enquanto que em Guaratuba 2 o comportamento foi inverso, com -53 m<sup>3</sup> no primeiro período (fig. 6.2.6.3e).

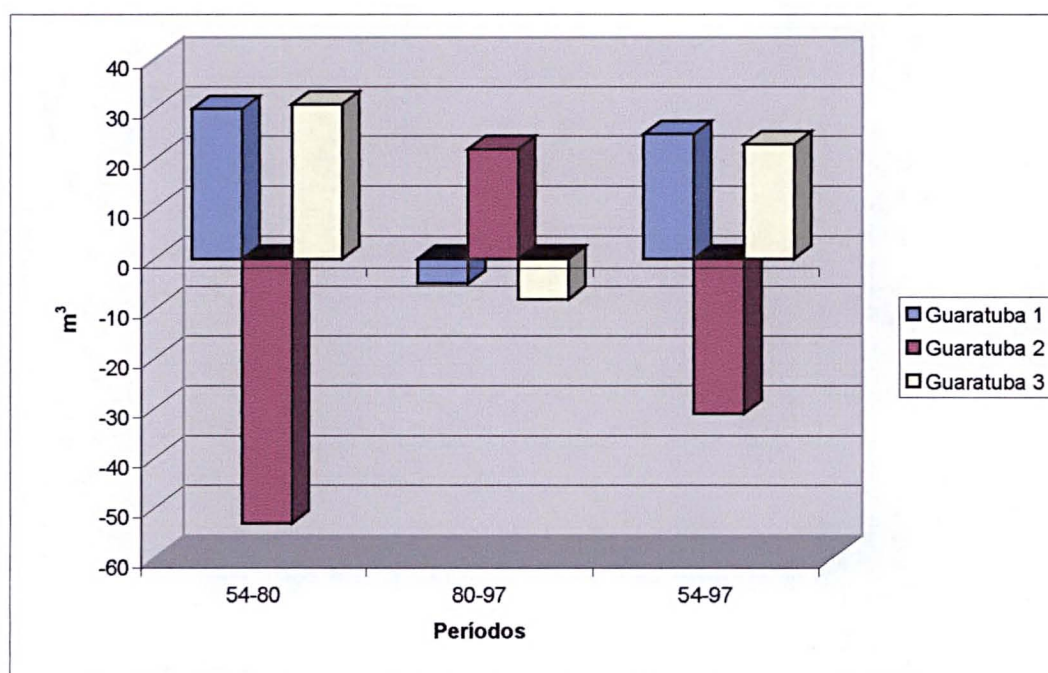


Figura 6.2.6.3e: Volume praial estimado da Praia de Guaratuba, baseado nas relações entre o perfil médio e as variações da linha de costa.

Para Guaratuba 4, apenas no período de 1954 a 1969 (fig. 6.2.6.3f) o resultado do volume praial estimado apresentou erosão (-35 m<sup>3</sup>).



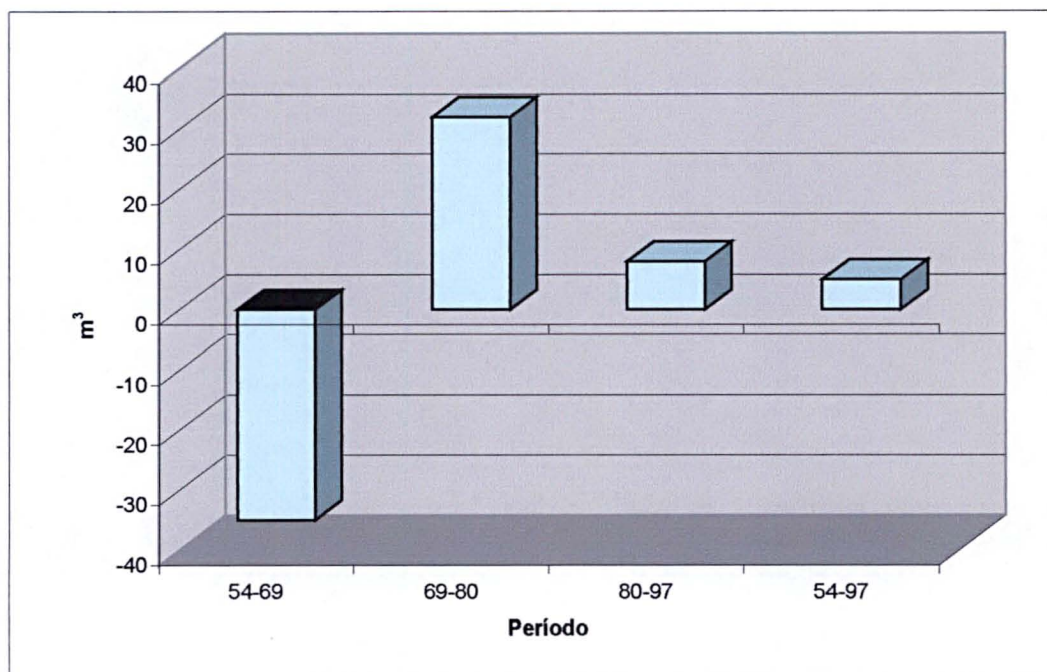


Figura 6.2.6.3f: Volume praiar estimado do perfil Guaratuba 4, baseado nas relações entre o perfil médio e as variações da linha de costa.

## 6.2.7 Brejatuba

### 6.2.7.1 Morfologia

A praia de Brejatuba possui uma extensão de 9.910 m, com forma retilínea e orientação aproximada nordeste. Foi classificada por ANGULO & ARAÚJO (1996) como de costa oceânica e voltada para mar aberto. Apenas no extremo sul da praia, na divisa com o Estado de Santa Catarina, ocorre influência da desembocadura do rio Saí-Guaçu, numa extensão de cerca de 1 km.

Segundo ANGULO & ARAÚJO (*op. cit.*), esta praia tem areia média a muito fina, é predominantemente dissipativa e de dinâmica dominada por ondas e correntes de deriva litorânea, com processos de erosão e sedimentação sazonais.

Atualmente, a porção norte da praia apresenta uma largura média em torno de 78 m e a porção sul em torno de 69 m, com nível médio do mar.

Em fotointerpretação realizada para o mapeamento da morfologia praiar, verificou-se que em todas as épocas de fotos aéreas as barras de arrebentação e de espraçamento apareceram bem visíveis (figs. 6.2.7.1a, 6.2.7.1b, 6.2.7.1c, 6.2.7.1d), retilíneas e com largura média de 47 m para as barras de arrebentação e 21 m para as barras de espraçamento. Na



sobreposição de *overlays*, as barras dos diferentes períodos apresentaram-se muito próximas na localização, principalmente na porção norte da praia (figs. 6.2.7.1c, 6.2.7.1d).

Na porção sul, as barras em 1954 foram as que se apresentaram mais afastadas da linha de costa, a uma distância média de 300 m (figs. 6.2.7.1a, 6.2.7.1b), mas deve ser ressaltado que para este período e nesta porção, o georreferenciamento das fotos aéreas apresentou os maiores erros em RMS (média de 9,68 m e valor máximo de 19,65 m). Também ocorre o fato de que esta porção encontra-se bastante influenciado pela dinâmica da desembocadura do rio Sai-Guaçu (ANGULO & ARAÚJO, 1996).

Na face de praia, apenas nas fotos de 1969 verificou-se a presença de canais longitudinais na porção sul (fig. 6.2.7.1b) e bermas nas porções sul e central (figs. 6.2.7.1b, 6.2.7.1d). Na área de pós-praia constatou-se a presença de dunas frontais em toda extensão da praia nos anos de 1969 e 1997, sendo que em 1954 ocorria apenas na porção norte (figs. 6.2.7.1c, 6.2.7.1d).

Em algumas campanhas para a realização de perfis praiais, também foram constatadas cúspides com tamanho médio de 20 m em toda praia (fig. 6.2.7.1e).



Figura 6.2.7.1e: Praia de Brejatuba apresentando uma face de praia larga com presença de cúspides praiais



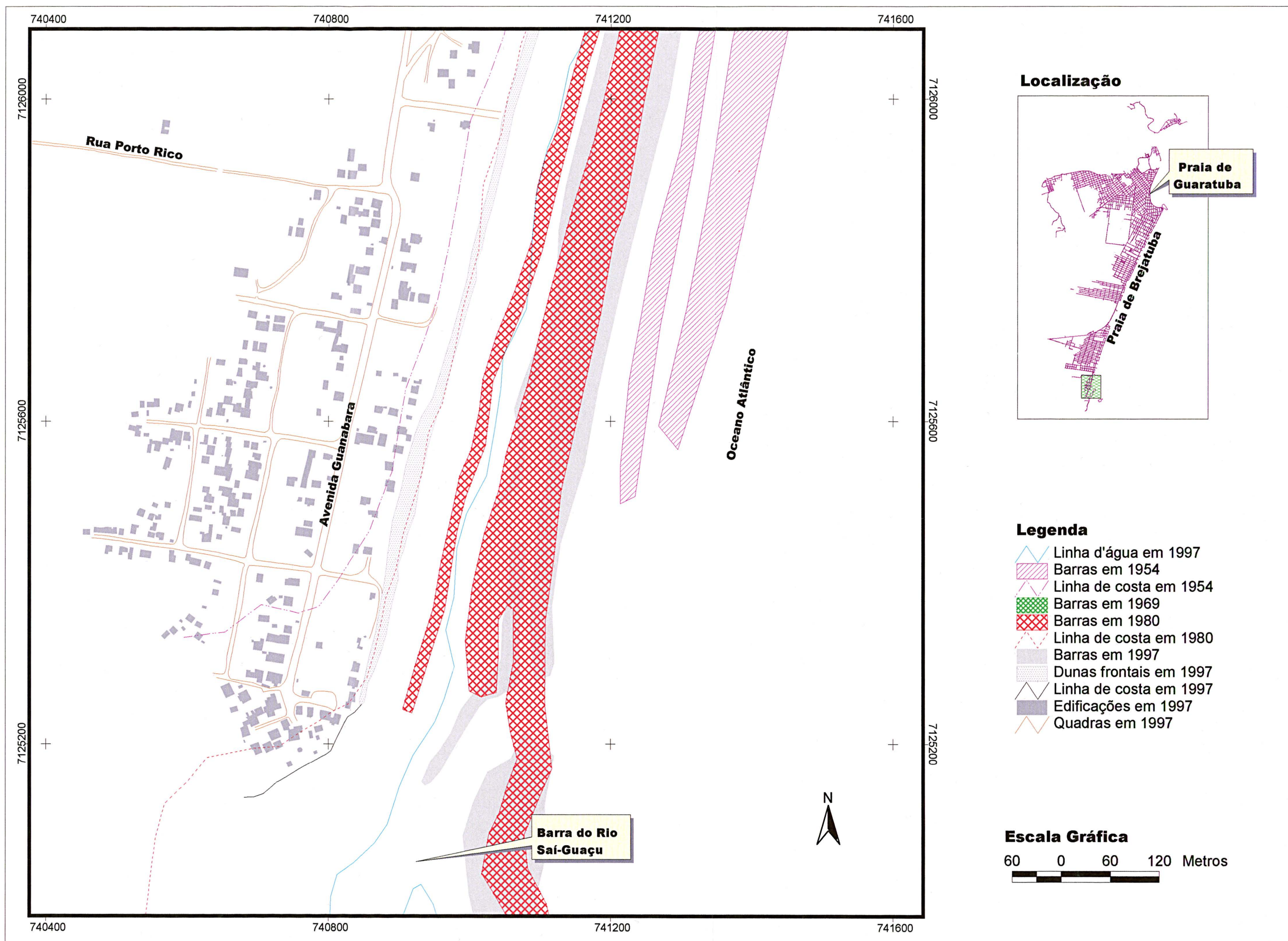
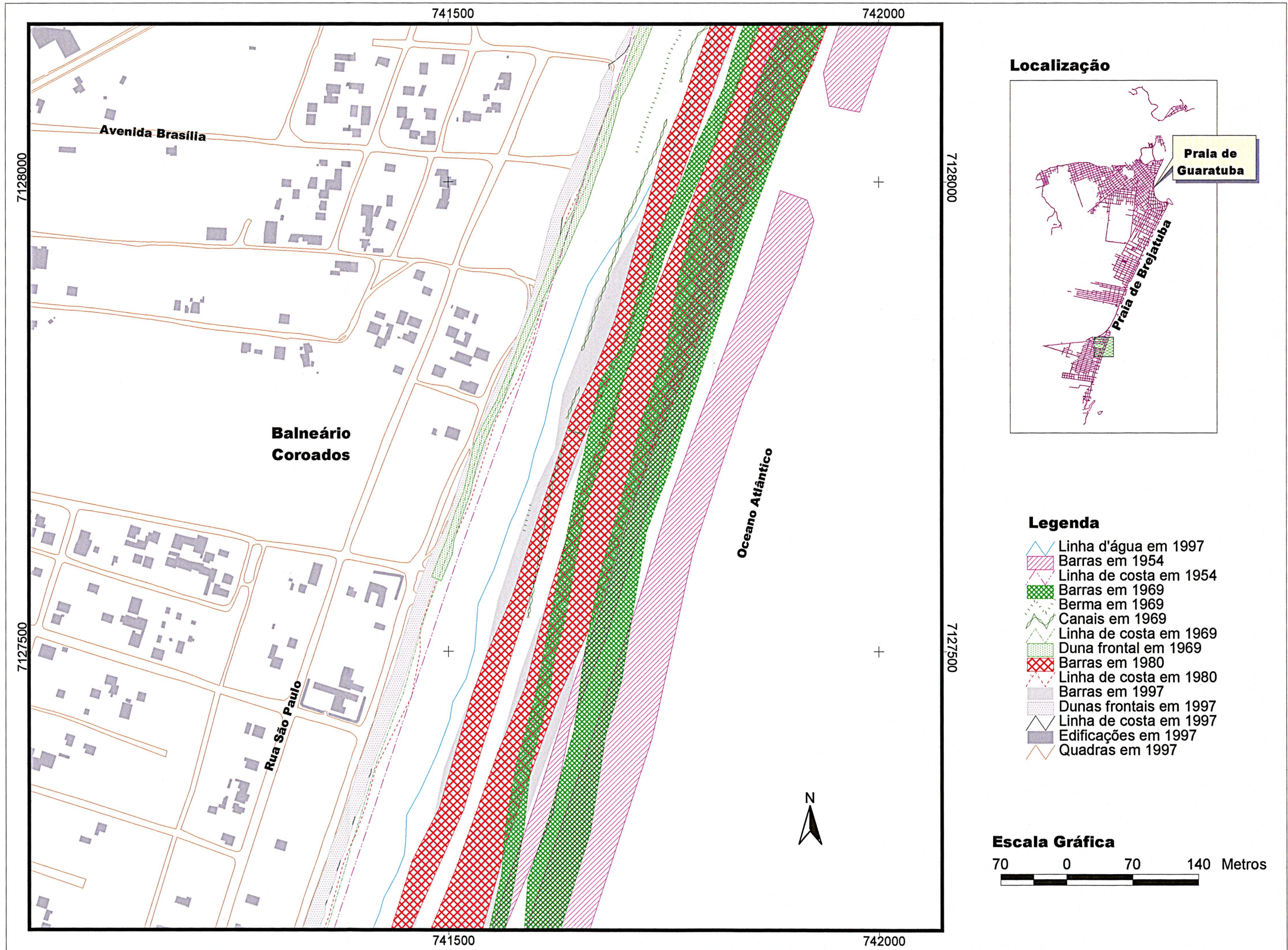


Figura 6.2.7.1a: Deslocamento da barra e da linha de costa na porção sul da Praia de Brejatuba.







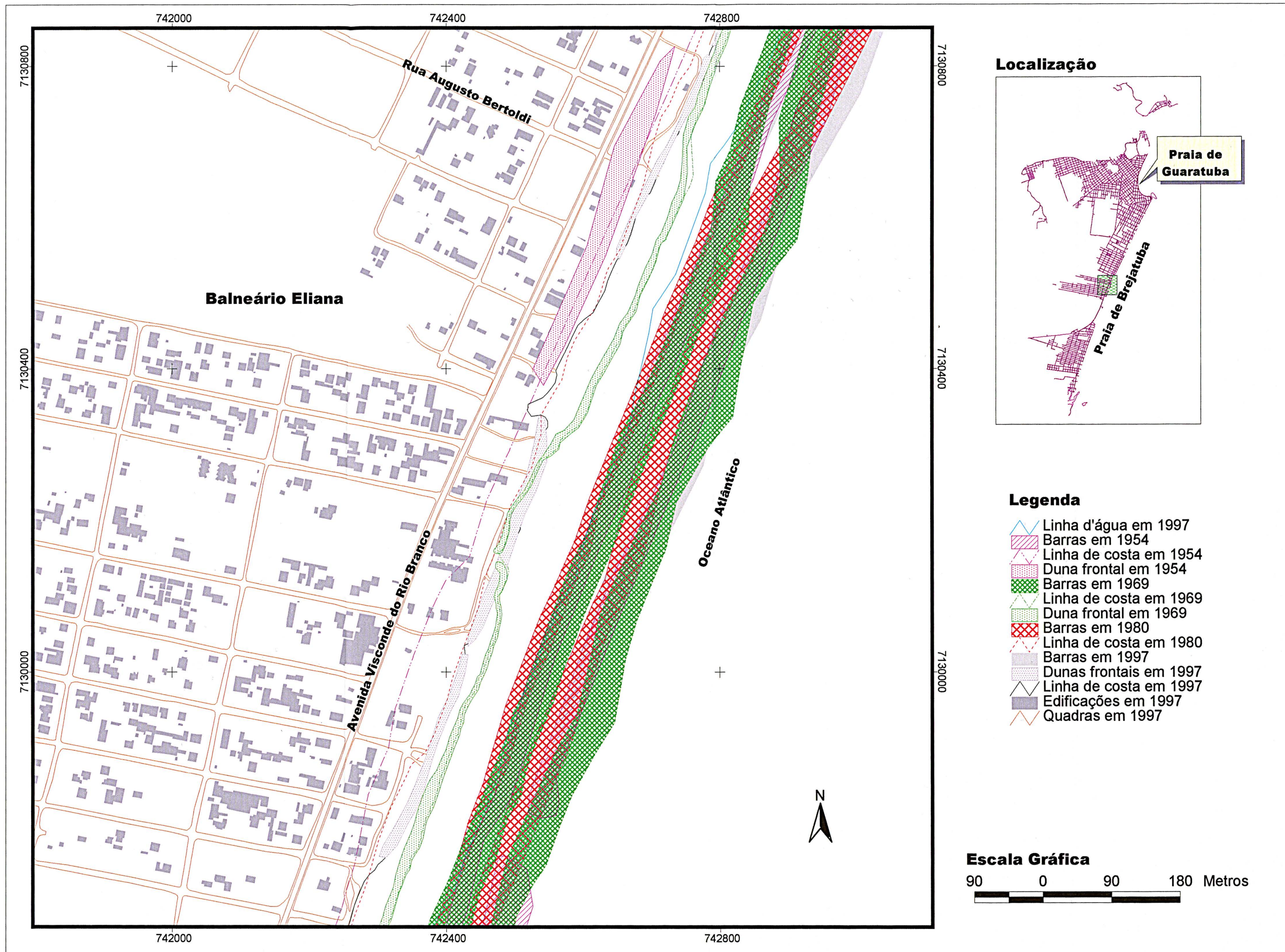


Figura 6.2.7.1c: Deslocamento da barra e da linha de costa na porção central da Praia de Brejatuba.



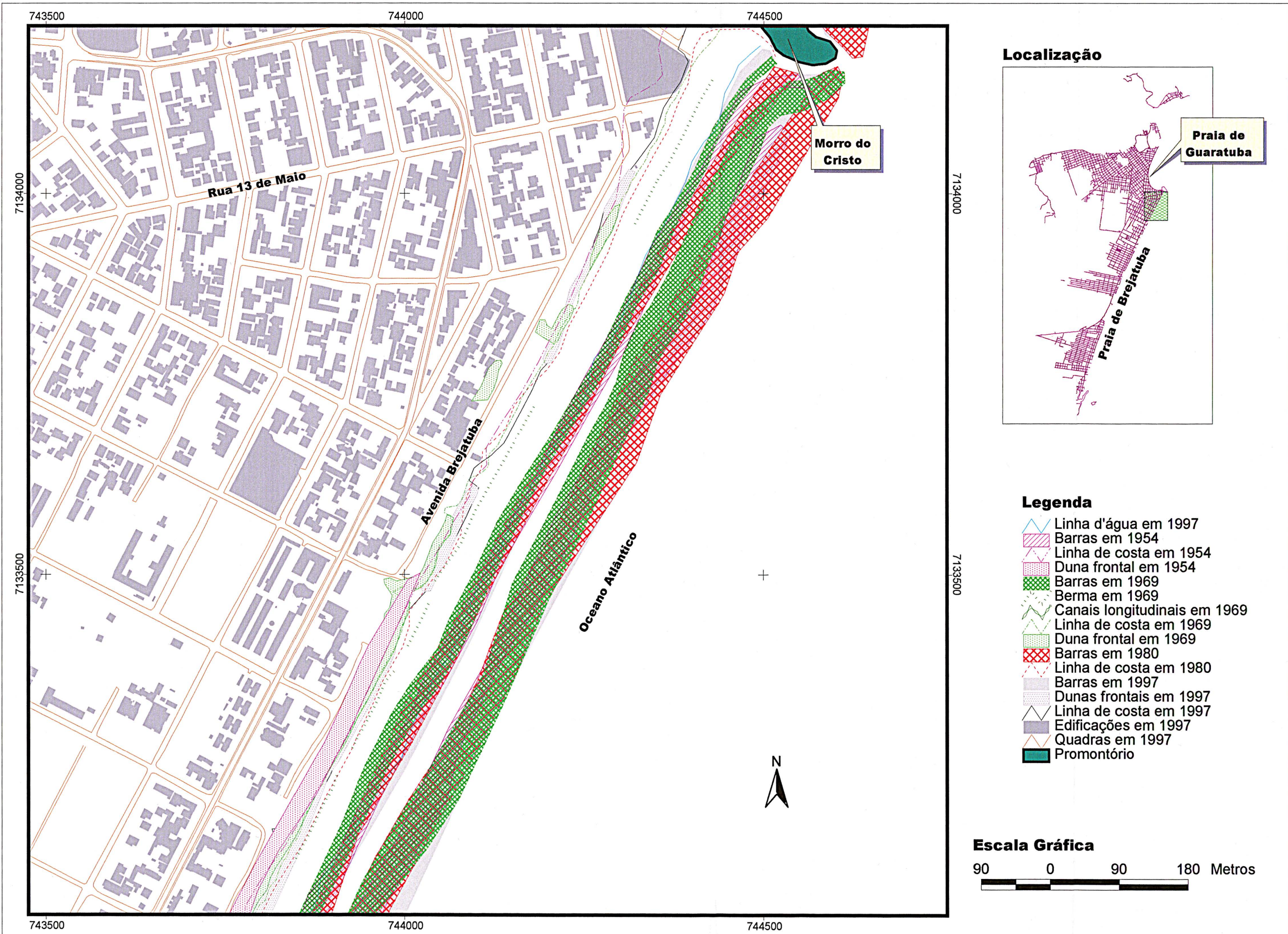


Figura 6.2.7.1d: Deslocamento da barra e da linha de costa na porção norte da Praia Brejatuba.



### 6.2.7.2 Linha de Costa

Considerando os valores de referência para todas as praias estudadas ( $M=12$  m e  $DP=31$ ), a TVLC para a porção sul foi relevante apenas entre 1954 e 1969, quando ocorreu avanço da linha de costa (36 m), passando a um recuo acima da média no período seguinte e se estabilizando no último período (tab. 6.2.7.2a).

Como já foi dito no item anterior, as fotos aéreas de 1954 na porção sul desta praia, apresentaram os maiores erros de georreferenciamento entre todas as fotos que foram usadas, podendo ter influenciado nos resultados de progradação do primeiro período.

Tabela 6.2.7.2a: Resultados da variação da linha de costa para a porção sul da Praia de Brejatuba (ext.=3869 m).

Período	Avanço (m <sup>2</sup> )	Recuo (m <sup>2</sup> )	Saldo (m <sup>2</sup> )	TVLC (m)
1954-69	149426,62	-8510,23	140916,39	36,42
1969-80	2594,55	-74508,2	-71913,61	-18,58
1980-97	19229,83	-13767,7	5462,18	1,41
<b>1954-97</b>	<b>132080,31</b>	<b>-17596,3</b>	<b>114484,05</b>	<b>29,59</b>

Por outro lado, também deve ser ressaltado que bem ao sul desta praia tem-se a influência da desembocadura do rio Saí-Guaçu, modificando constantemente a configuração das barras no local e, desta forma, alterando consideravelmente o posicionamento das linhas de costa. Estas variações também foram verificadas nos volumes praias e serão discutidos a seguir.

Para a porção norte, os valores de TVLC indicaram uma estabilidade na mobilidade da praia (tab. 6.2.7.2b), comparando-se aos valores da porção sul e dos valores de referência, mesmo com o valor de progradação apresentado entre 1954 e 1969. No entanto, a TVLC para todo período apresentou um avanço da linha de costa acima da média (33 m).

Tabela 6.2.7.2b: Resultados da variação da linha de costa para a porção norte da Praia de Brejatuba (ext.=3869 m).

Período	Avanço (m <sup>2</sup> )	Recuo (m <sup>2</sup> )	Saldo (m <sup>2</sup> )	TVLC (m)
1954-69	54715,99	-9957,36	44758,63	11,57
1969-80	29442,18	-13196,7	16245,44	4,2
1980-97	49752,91	-22966,9	26786,05	6,92
<b>1954-97</b>	<b>130013,3</b>	<b>-3859,05</b>	<b>126154,2</b>	<b>32,6</b>



Visualmente, as variações da linha de costa não apresentaram avanços ou recuos significativos, a não ser na parte central da praia próximo ao Balneário Eliana, onde se deu uma progradação de até 90 m no período de 1954 a 1969 (fig. 6.2.7.1c).

As variações de linha de costa medidas durante as campanhas de campo, foram mais significativas em Brejatuba 1, onde apresentou um avanço da linha de costa de 6,34 m entre agosto e novembro de 1999 e recuo de  $-4,68$  m no período seguinte (tab. 6.2.7.2c).

De uma forma geral, os valores totais acumulados para as variações da linha de costa em todos os locais de perfis e em todos os períodos não foram significativos e apenas em Brejatuba 3 ocorreu um valor total positivo. As variações médias ao ano foram as seguintes:  $-0,18$  m em Brejatuba 1;  $-1,16$  m em Brejatuba 2; 1 m em Brejatuba 3 e  $-0,60$  m em Brejatuba 4. Neste último pode-se verificar que, a partir de uma comparação com os valores de TVLC entre 1954 e 1969, atualmente a praia apresenta-se estável no local, o que pode ser constatado após a ressaca de maio de 2001, quando a duna frontal foi pouco erodida (fig. 6.2.7.2a).

A partir destes valores e dos valores de TVLC, pode-se concluir que a praia de Brejatuba tem uma mobilidade baixa e apresenta-se bastante estável quando comparada à praia de Itapoá (10 km ao sul da área de estudo), onde houve recuos de mais de 20 m entre os anos de 1996 a 1999. (SOUZA & ANGULO, 2003).



Figura 6.2.7.2a: Dunas frontais na praia de Brejatuba, próximas à desembocadura do rio Sai-Guaçu, pouco erodidas na ressaca de maio de 2001.

Tabela 6.2.7.2: Medição de variações de linha de costa da praia de Brejatuba

Locais	Períodos	Linha de costa (m)
<b>Brejatuba 1</b>	Fevereiro a Agosto de 1999	-3,06
	Agosto a Novembro de 1999	6,34
	Novembro de 1999 a Março de 2000	-4,68
	Março a Junho de 2000	-1,36
	Junho a Agosto de 2000	-0,04
	Agosto a Dezembro de 2000	-2,27
	Dezembro de 2000 a Abril de 2001	4,00
	Abril de 2001 a Setembro de 2001	0,60
	Totais	-0,47
<b>Brejatuba 2</b>	Fevereiro a Agosto de 1999	0,20
	Agosto a Novembro de 1999	-0,79
	Novembro de 1999 a Março de 2000	-0,08
	Março a Junho de 2000	-3,30
	Junho a Agosto de 2000	1,23
	Agosto a Dezembro de 2000	-1,80
	Dezembro de 2000 a Abril de 2001	2,02
	Abril de 2001 a Setembro de 2001	-0,43
	Totais	-2,95
<b>Brejatuba 3</b>	Fevereiro a Agosto de 1999	1,10
	Agosto a Novembro de 1999	-0,34
	Novembro de 1999 a Março de 2000	1,76
	Março a Junho de 2000	-0,23
	Junho a Agosto de 2000	1,43
	Agosto a Dezembro de 2000	0,72
	Dezembro de 2000 a Abril de 2001	-0,04
	Abril de 2001 a Setembro de 2001	-1,86
	Totais	2,54
<b>Brejatuba 4</b>	Fevereiro a Agosto de 1999	ND
	Agosto a Novembro de 1999	0,57
	Novembro de 1999 a Março de 2000	0,13
	Março a Junho de 2000	-0,35
	Junho a Agosto de 2000	1,28
	Agosto de 2000 a Dezembro de 2000	0,95
	Dezembro de 2000 a Setembro de 2001	-3,81
	Totais	-1,23

### 6.2.7.3 Perfis Planialtimétricos e Volume Praia

Os perfis levantados na porção norte da praia apresentaram declividades mais acentuadas ( $> 3^\circ$ ) do que os da porção norte (em torno de  $2^\circ$ ). As bermas estiveram presentes em todos os perfis e em quase todos os períodos de levantamento (fig. 6.2.7.3a). Nos perfis realizados em Brejatuba 1 pode-se verificar a presença de barra mais próxima da praia.

As características apresentadas dos perfis planialtimétricos, das observações de campo e da morfologia verificada nas fotointerpretações (item 6.2.7.1), permitiram indicar um estado morfodinâmico intermediário a dissipativo para a praia de Brejatuba. No entanto, em algumas campanhas de campo (fevereiro de 1999, junho de 2000 e janeiro de 2001) verificou-se um estado refletivo no extremo norte da praia (cerca de 2% da extensão total), com areia média a grossa, presença de bermas bem salientes, alto declive (entre 4 e 5°) e barras soldadas à praia.

Os perfis de Brejatuba 4 mostraram uma variação muito grande na morfologia e na altura entre um período e outro. Estas variações, provavelmente, estão relacionadas à proximidade com a desembocadura do rio Sai-Guaçu. Isto será discutido também no próximo item.

Em Brejatuba 1, o balanço sedimentar foi bastante estável (fig. 6.2.7.3b), com exceção dos períodos entre agosto e novembro de 1999 e março a junho de 2000, quando os respectivos volumes praias apresentaram erosão de  $-26 \text{ m}^3$  e deposição de  $36 \text{ m}^3$ . Esses dados, aliados ao resultado do balanço total para todos os períodos ( $8 \text{ m}^3$ ), indicam um volume praias estável neste local. Esta estabilidade também é verificada em Brejatuba 2, aonde o maior valor de erosão chegou a  $-26 \text{ m}^3$  no período de fevereiro a agosto de 1999 e o maior valor de deposição foi de  $25 \text{ m}^3$  entre dezembro de 2000 e abril de 2001. O balanço sedimentar total em Brejatuba 2 foi de  $27 \text{ m}^3$ .

O balanço sedimentar em Brejatuba 3 também se apresentou estável (fig. 6.2.7.4), apesar do resultado positivo entre março e junho de 2000 ( $39 \text{ m}^3$ ) e negativo no último período ( $-41 \text{ m}^3$ ). O balanço sedimentar total neste local foi de  $-20 \text{ m}^3$ . Para Brejatuba 4, o balanço sedimentar foi bastante instável (fig. 6.2.7.3b), apresentando altos valores de sedimentação ( $98 \text{ m}^3$  entre novembro de 1999 e março de 2000 e  $215,80 \text{ m}^3$  no último período) e de erosão ( $-105 \text{ m}^3$  entre agosto e novembro de 1999,  $-88 \text{ m}^3$  entre março e junho de 2000 e  $-98 \text{ m}^3$  entre agosto e dezembro de 2000).



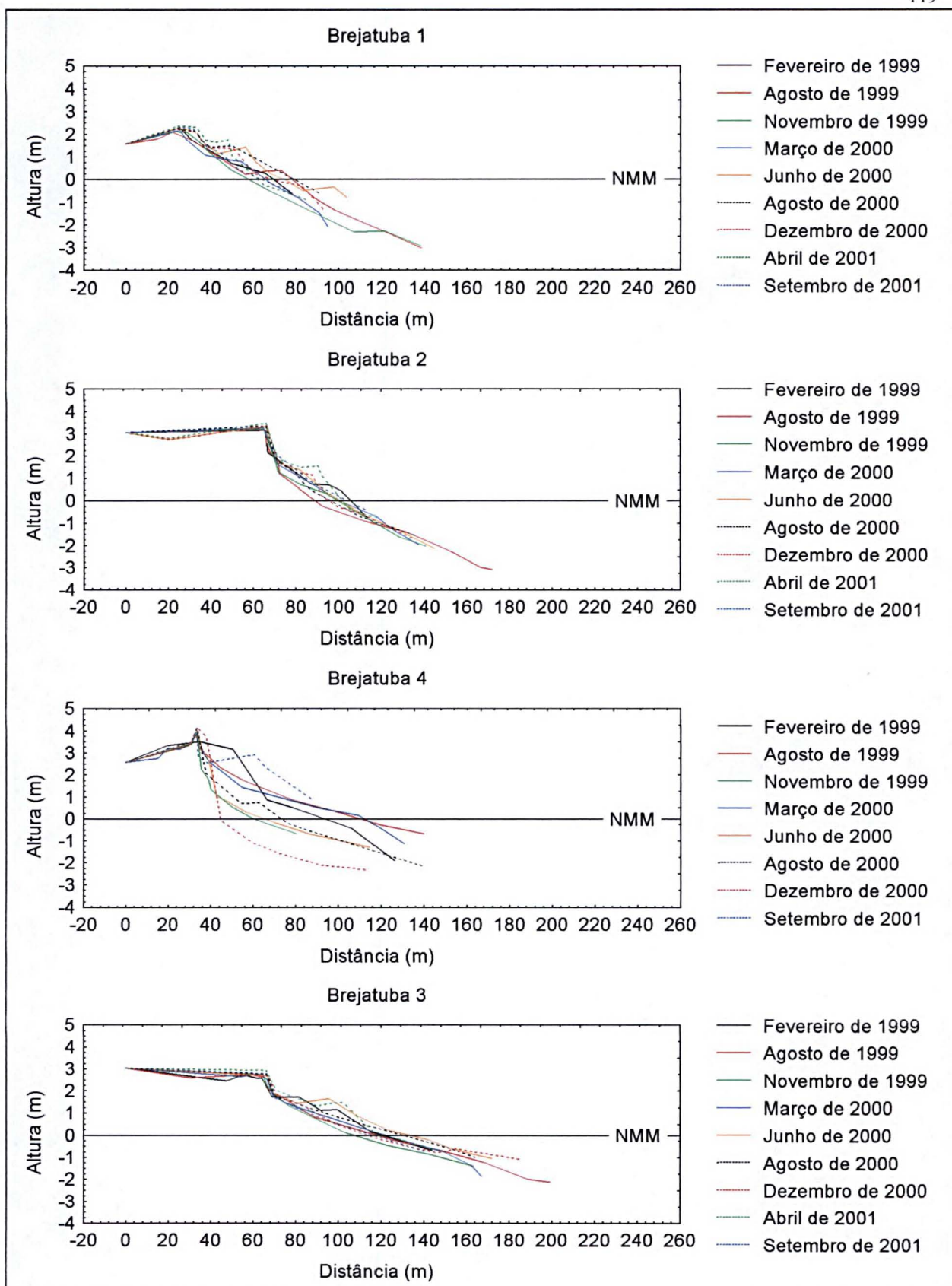


Figura 6.2.7.3a: Perfis planialtimétricos da Praia de Brejatuba

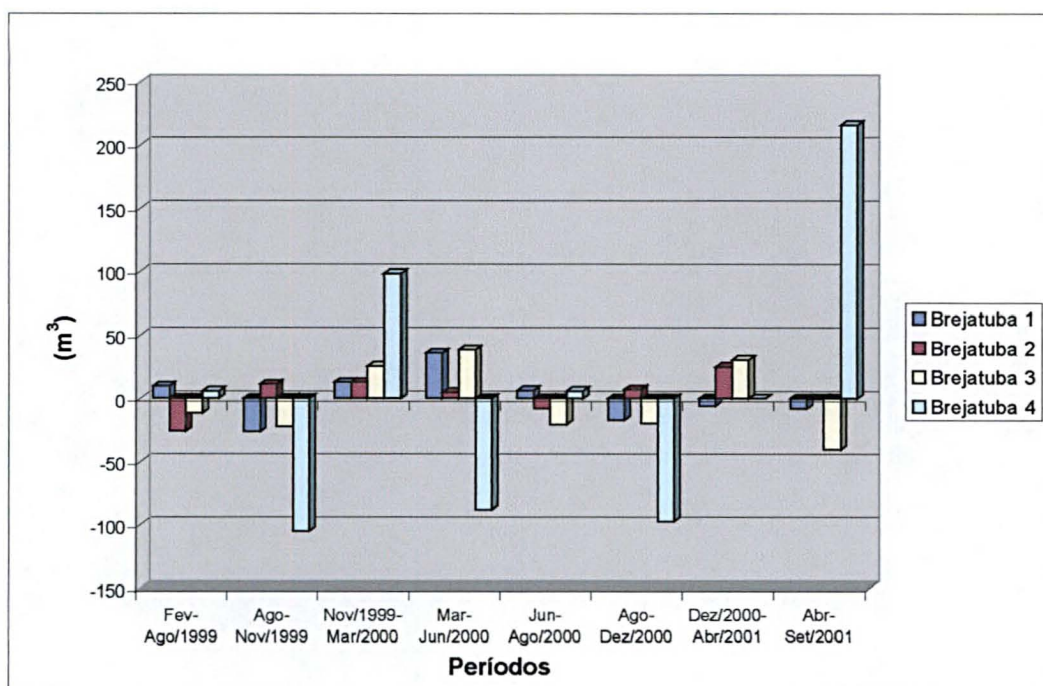


Figura 6.2.7.3b: Resultado do cálculo de volumes praias para a Praia de Brejatuba

Tal como os resultados das variações de linha de costa, o volume praiial em Brejatuba apresentou equilíbrio no balanço sedimentar total entre todos os perfis levantados, mesmo com as grandes variações verificadas em Brejatuba 4.

O volume praiial estimado (fig. 6.2.7.3c) apresentou altos valores de deposição em Brejatuba 1 e 3, no período de 1954 e 1969 (135 e 150 m³, respectivamente). No período de 1969 a 1980 ocorreu uma erosão mais intensa em Brejatuba 3 (-74 m³).

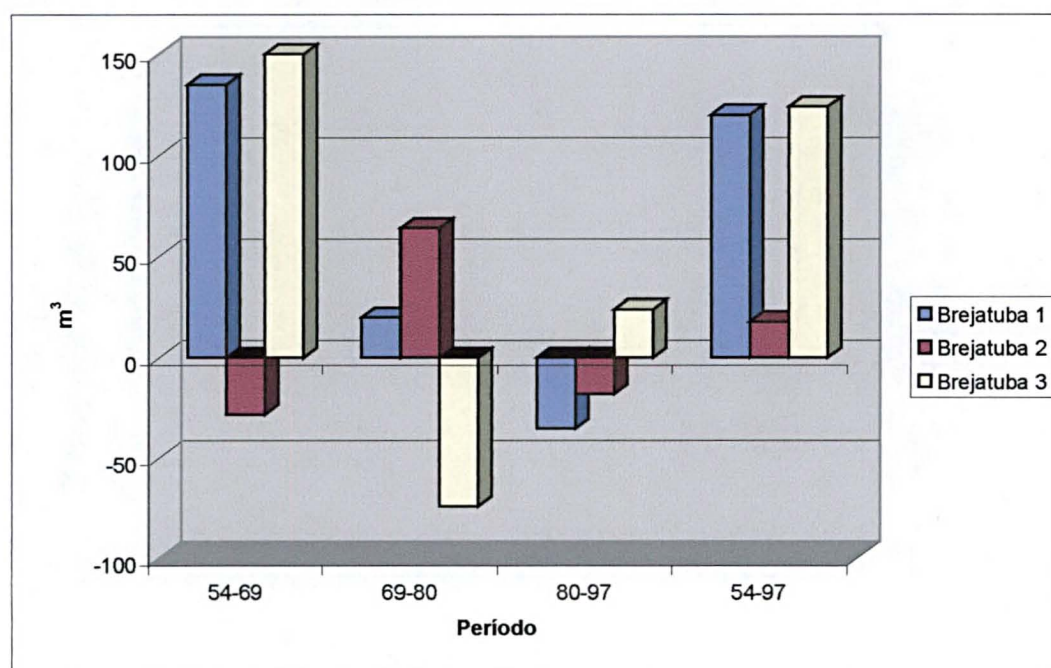


Figura 6.2.7.3c: Volume praiial estimado da praia de Brejatuba, baseado nas relações entre o perfil médio e as variações da linha de costa.



Em Brejatuba 4 (fig. 6.2.7.3d) o volume praial estimado, para todos os períodos de fotos aéreas, indicou deposição. Pode-se verificar que no período total, todos os perfis apresentaram balanços sedimentares positivos (figs. 6.2.7.3c e 6.2.7.3d).

Esta tendência positiva do balanço sedimentar, para o período entre 1954 e 1997, só não foi verificada nos perfis da praia Mansa (fig. 6.2.3.3c), Caieiras 1 (fig. 6.2.5.3c) e Guaratuba 2 (fig. 6.2.6.3e).

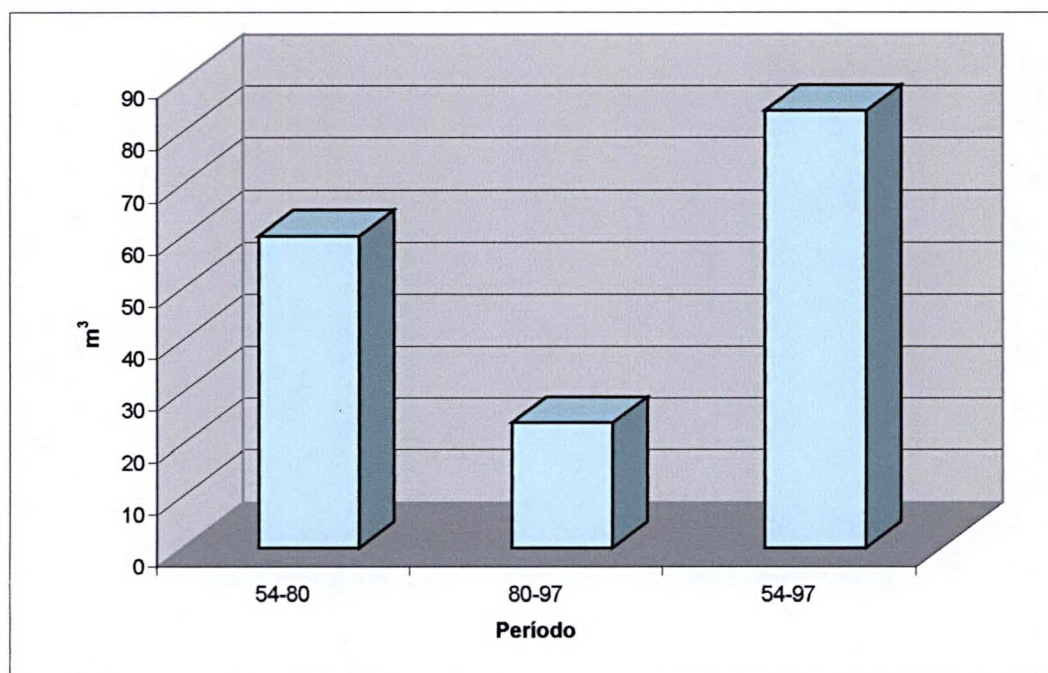


Figura 6.2.7.3d: Volume praial estimado do perfil Brejatuba 4, baseado nas relações entre o perfil médio e as variações da linha de costa.

### 6.3 CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA

Os gráficos de parâmetros estatísticos granulométricos para a praia de Brejatuba (fig. 6.3a), apresentaram o diâmetro médio apresentou com tendência de engrossamento da granulometria para norte. O desvio padrão também apresentou um aumento para norte, indicando uma melhor seleção ao sul. De forma geral, esta praia apresentou sedimentos entre bem selecionados e moderadamente selecionados (média do desvio padrão de 0,55). Isto é confirmado com o gráfico das classes granulométricas, que indicam um aumento de areia média nas amostras 11, 12 e 13, apesar do predomínio de areia fina na média total (57%).

Também na praia de Guaratuba, a linha de tendência indica um aumento do diâmetro médio e do desvio padrão para norte (fig. 6.3b), mas esses valores estão muito influenciados pela amostra Guaratuba 6 (extremo norte). Nesta amostra a areia média teve um incremento considerável (54,46 %) em relação às outras amostras, que apresentaram predomínio de areia fina (média de 75,46 %). A média do desvio padrão destas amostras apresentou uma seleção moderada (0,48).

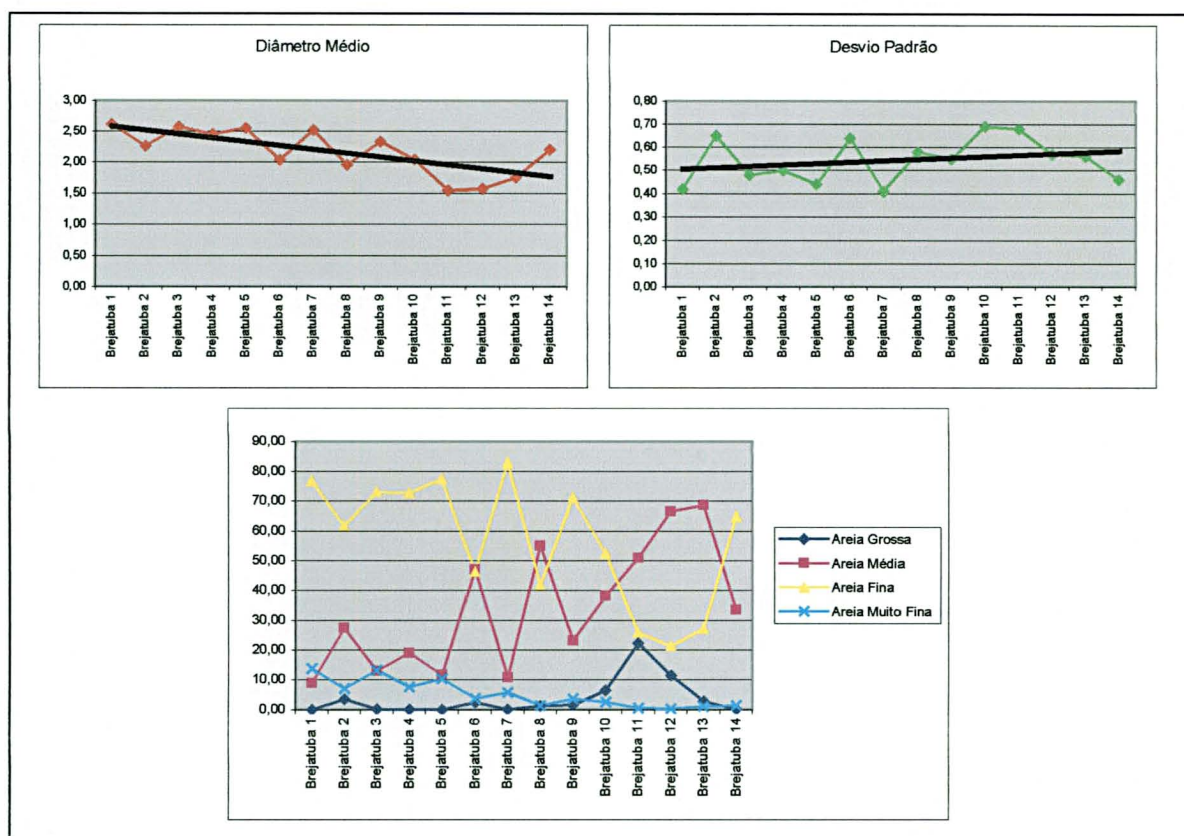


Figura 6.3a: Parâmetros estatísticos da distribuição granulométrica para amostras da praia de Brejatuba.

Na praia de Caieiras (fig. 6.3c) houve aumento do diâmetro médio e do desvio padrão no centro da praia, indicando que neste local o sedimento apresentou-se um pouco mais grosso e menos selecionado, apesar da média do desvio padrão ter indicado areias muito bem selecionadas (0,27). Em todas as amostras houve predomínio de areia média.



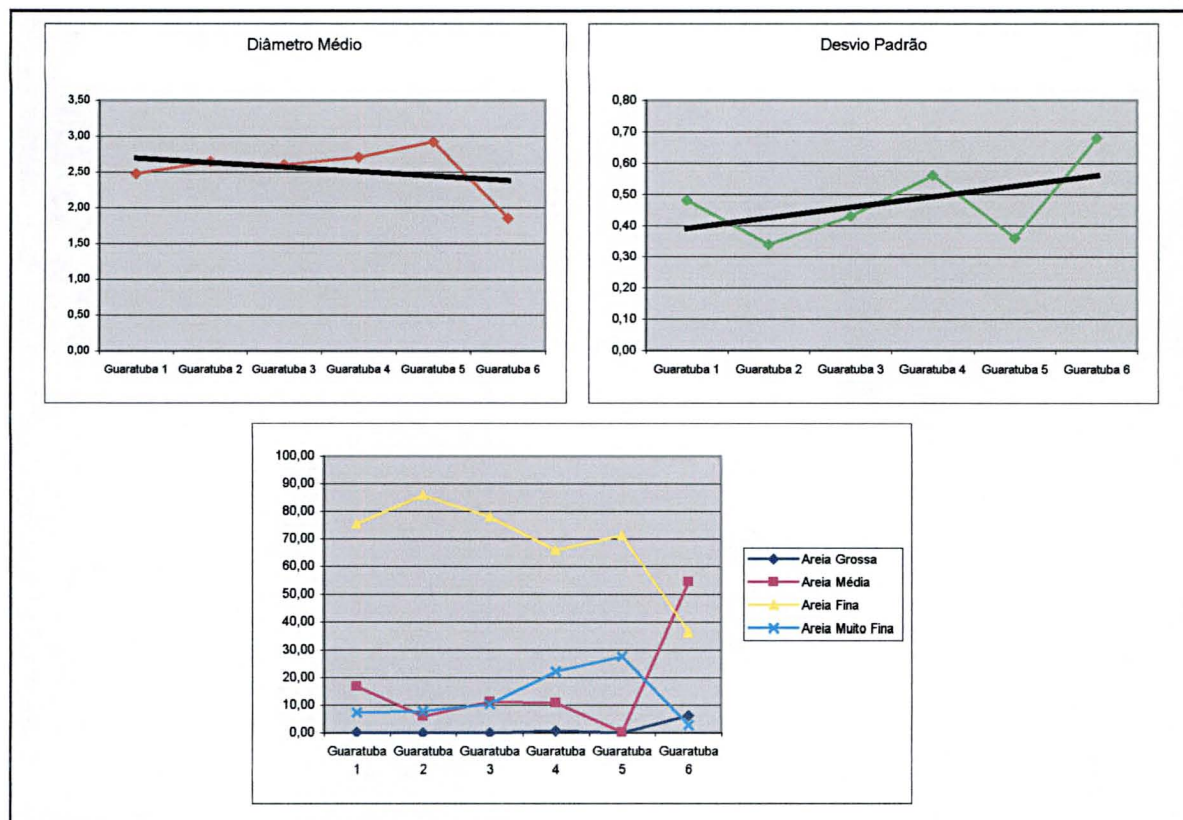


Figura 6.3b: Parâmetros estatísticos da distribuição granulométrica para amostras da praia de Guaratuba.

Contrariando as linhas de tendência apresentadas até agora, a Prainha apresentou um aumento do diâmetro médio para sul (ou sudoeste), assim como no desvio padrão, indicando que nesta porção da praia a granulometria esteve mais grossa e a seleção pior. As amostras apresentaram-se entre muito bem seleccionadas (0,24) e moderadamente seleccionadas (0,98). O predomínio nas amostras foi de areia fina.

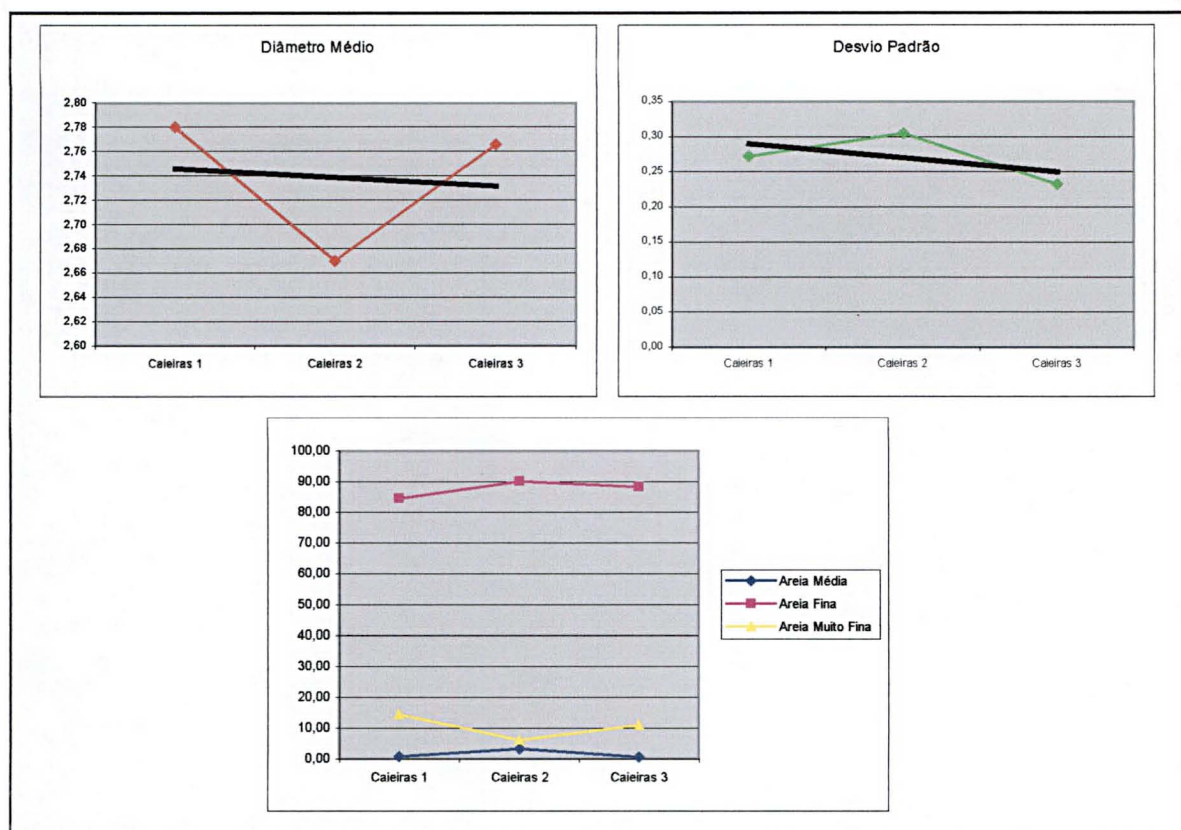


Figura 6.3c: Parâmetros estatísticos da distribuição granulométrica para amostras da praia de Caieiras.

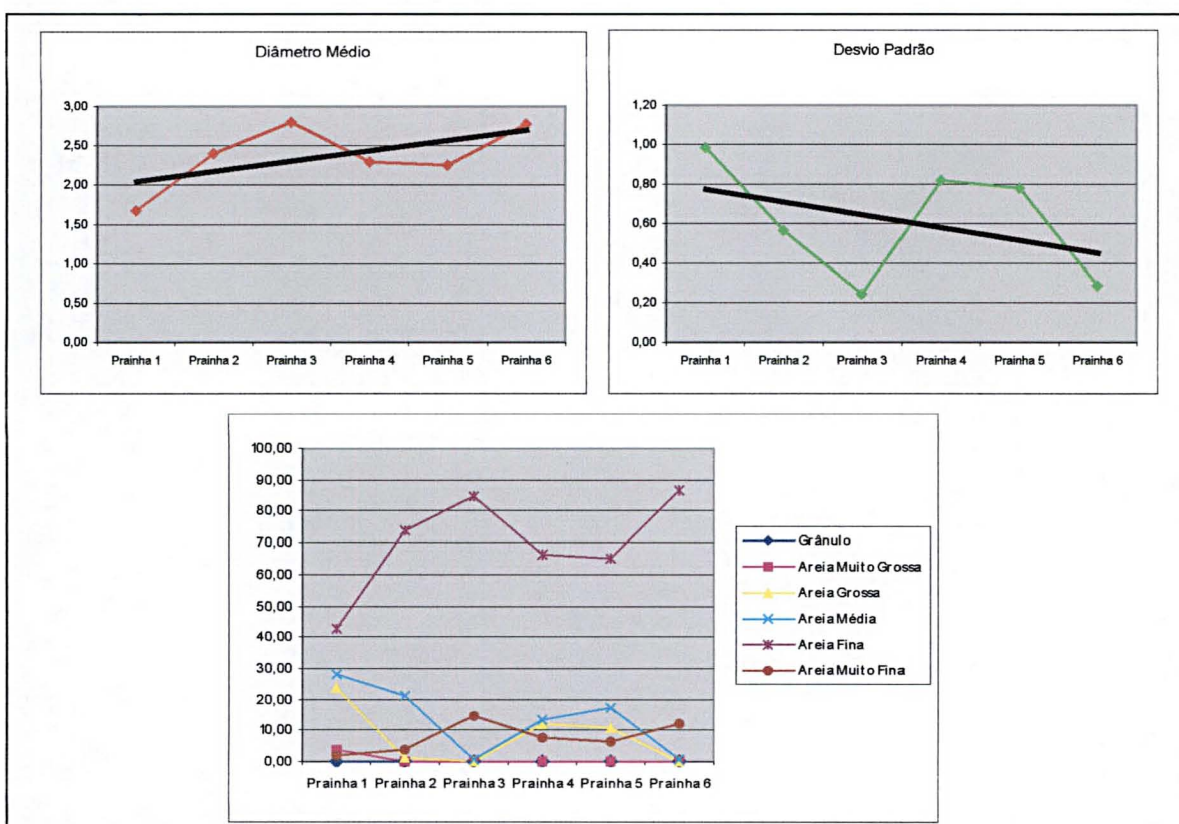


Figura 6.3d: Parâmetros estatísticos da distribuição granulométrica para amostras da Prainha.



A praia Mansa apresenta uma linha de tendência sem modificações do diâmetro médio, com um engrossamento apenas no centro da praia (fig. 6.3e). Já o desvio padrão teve um aumento na porção sudoeste da praia. No entanto, a variação de desvio padrão das amostras esteve entre 0,61 e 0,67, classificando-se como areias moderadamente selecionadas. O predomínio da distribuição granulométrica foi de areia média (45,14 %) e areia fina (44,84 %).

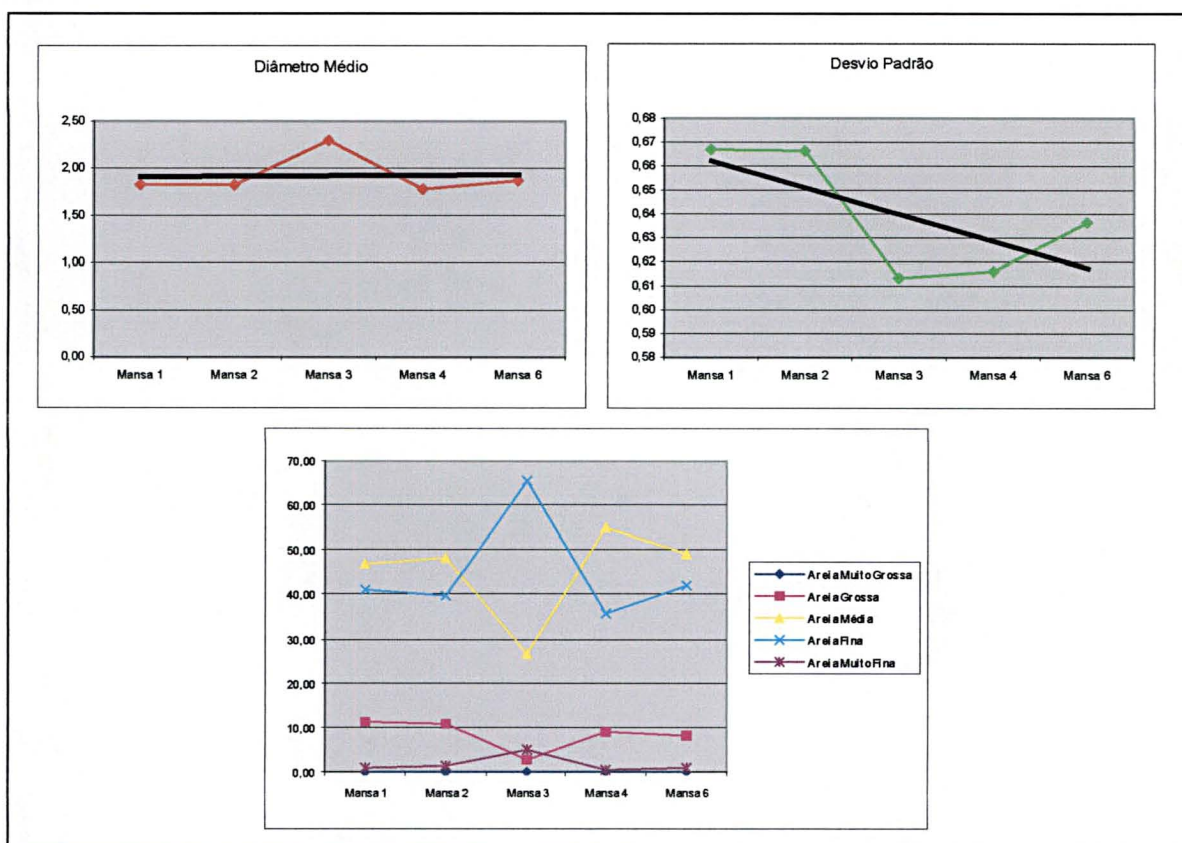


Figura 6.3e: Parâmetros estatísticos da distribuição granulométrica para amostras da praia Mansa de Caiobá.

A praia Brava de Caiobá apresentou aumento do diâmetro médio e do desvio padrão para norte, seguindo a tendência das praias de Guaratuba e Brejatuba (fig. 6.3f). Na distribuição granulométrica ocorreu um predomínio de areia fina entre as amostras 1 e 5, modificando-se entre as amostras 6 e 8, onde predominou a areia grossa.

A praia de Matinhos apresentou uma leve tendência de aumento do diâmetro médio e desvio padrão para norte. As amostras se situaram em moderadamente selecionadas (0,63). O predomínio entre as classes granulométricas ficou entre areia fina (47,84 %) e areia média (40,92 %).

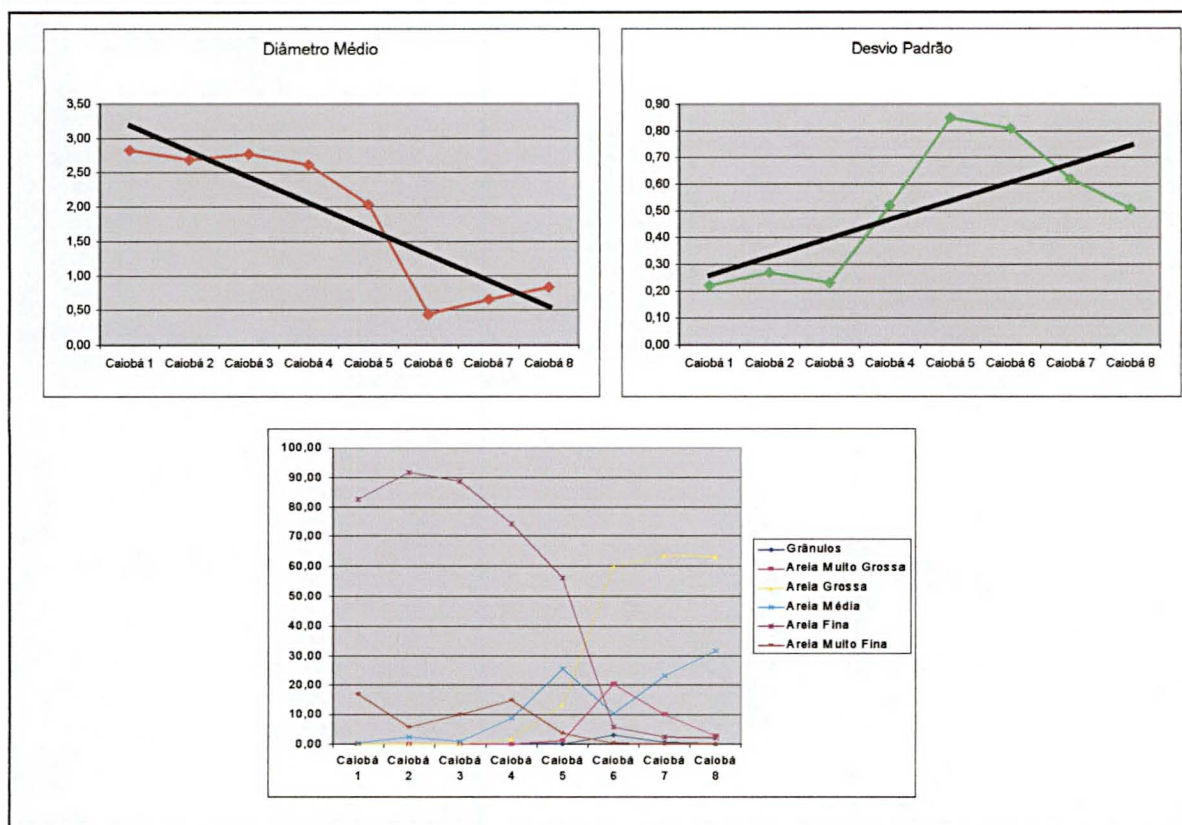


Figura 6.3f: Parâmetros estatísticos da distribuição granulométrica para amostras da praia Brava de Caiobá.

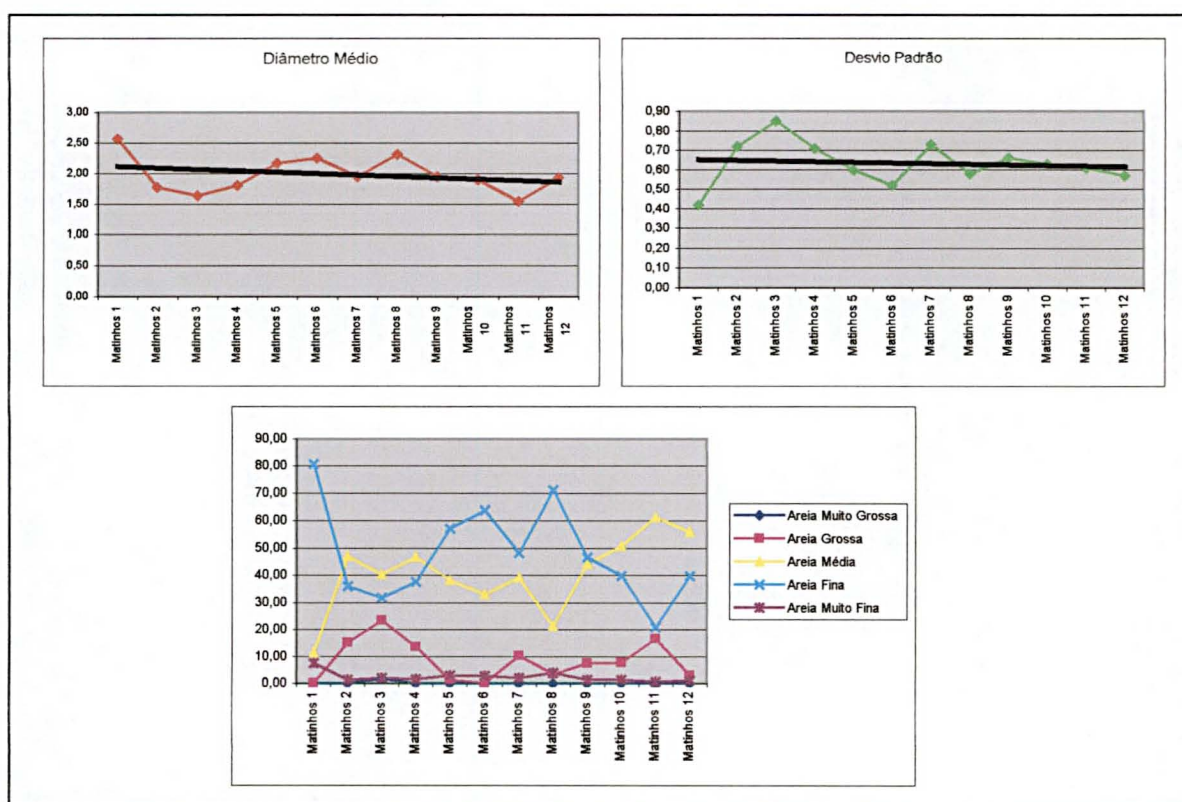


Figura 6.3g: Parâmetros estatísticos da distribuição granulométrica para amostras da praia de Brejatuba.



A amostra 6 na praia de Guaratuba trás dúvidas sobre seu resultado, pois apenas neste local houve uma mudança repentina da distribuição granulométrica na praia com aumento do volume em areia média, o que poderia ser influenciado pela existência de saída de canal próximo do local onde se realizou a amostragem.

Apesar do predomínio de areia fina em quase todas as amostras analisadas, as praias apresentaram comportamentos diferentes entre elas, como demonstraram os gráficos apresentados.

O engrossamento da granulometria e pior seleção para norte, nas praias de Guaratuba e Brejatuba, indicam uma tendência da deriva litorânea para sul. Isto poderia indicar que no período de coleta houve um incremento das ondas incidentes de nordeste ou leste. No entanto, é necessário que se faça um maior detalhamento sobre os estudos sedimentológicos destas praias, já que este resultado contraria as evidências geomorfológicas, como a foz de canais e rios, que indicam deriva litorânea para norte.

Os resultados dos parâmetros de granulometria para a Prainha indicaram que, nesta praia, a deriva litorânea estaria se deslocando de sudoeste para nordeste, ou seja, de dentro para fora da Baía de Guaratuba, podendo ser explicado pelo predomínio das marés de vazante no sistema do delta da Baía de Guaratuba.

Apesar de também indicar uma deriva litorânea para sul na praia Brava de Caiobá, o engrossamento da granulometria e pior seleção ao norte deve estar relacionado aos processos de erosão sobre os muros de gabião que são regularmente construídos neste local para a contenção da energia das ondas.

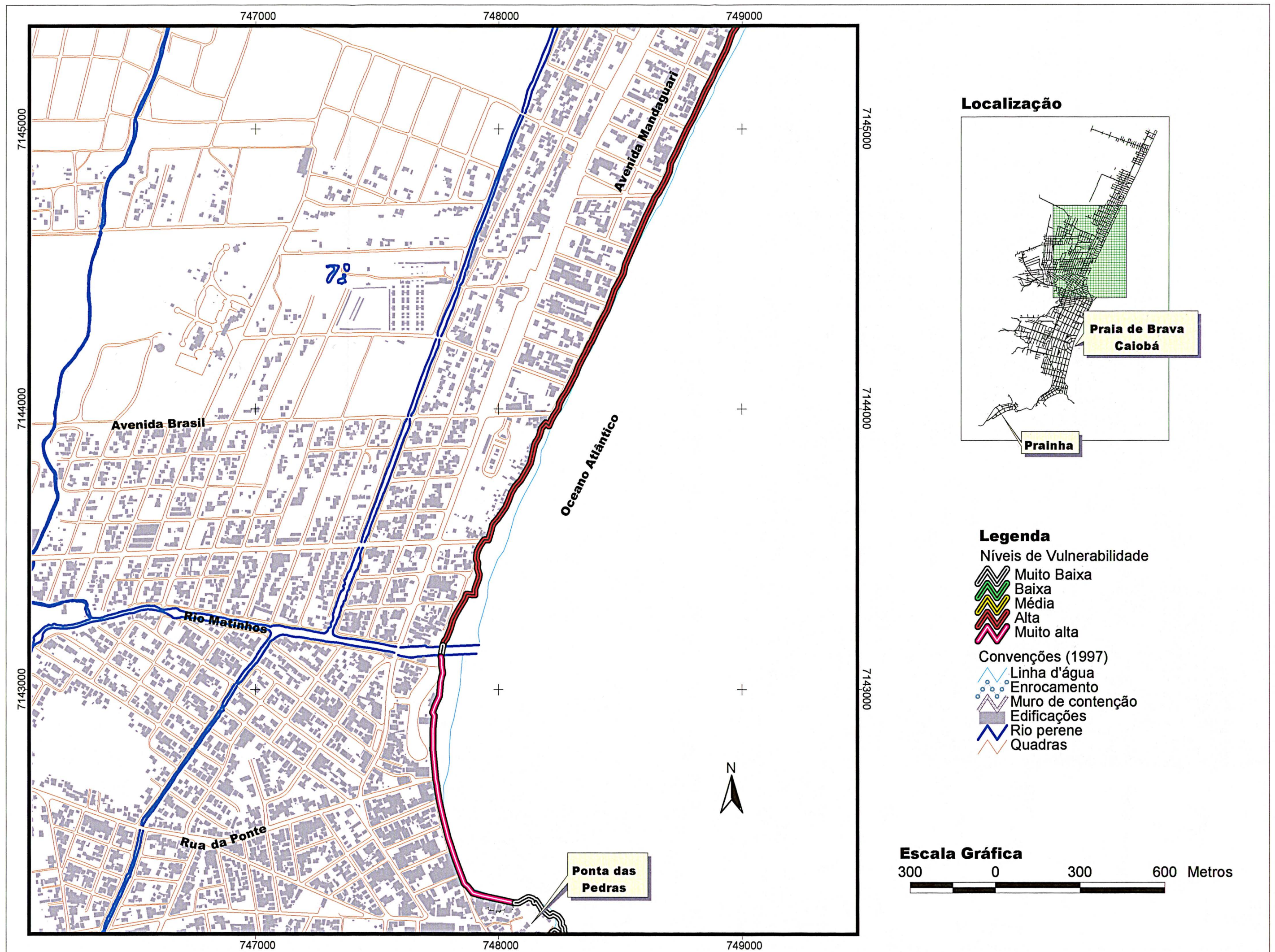
#### 6.4 ANÁLISE SOBRE A INTERAÇÃO ENTRE A OCUPAÇÃO URBANA E A DINÂMICA NATURAL

Os resultados aqui apresentados referem-se aos processos de integração dos dados sobre a morfologia praial, variações da linha de costa, perfis e volumes praias e observações de campo. Esses dados foram usados com a adaptação do método de mapeamento para a vulnerabilidade costeira (UNESCO, 2000). Esta vulnerabilidade é apresentada através da divisão da linha de costa atual em setores com classificação de cinco níveis de vulnerabilidade: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. A vulnerabilidade muito baixa refere-se às costas rochosas; a baixa vulnerabilidade deve-se à baixa mobilidade da praia, ou setores dela, e a pouca ou nenhuma interferência das atividades humanas sobre o ambiente costeiro natural; a média vulnerabilidade pode ter uma alta mobilidade ou uma interferência

humana mais intensa sobre os usos próximos da costa, mas sem haver uma interseção desses fatores; na alta vulnerabilidade a mobilidade do setor pode ser alta, havendo interseção de atividades humanas, como invasões de obras sobre as faces superiores da praia; e a vulnerabilidade muito alta está relacionada a uma interseção dos fatores naturais e antrópicos, aonde o impacto ambiental já se encontra configurado como área de desastre.

A praia Central de Matinhos e os balneários Flamingo e Riviera foram analisados em conjunto devido à contiguidade que possuem. Desta forma, foram divididos dois setores com diferentes níveis de vulnerabilidade (fig. 6.4a). No primeiro setor encontram-se os balneários de Flamingo e Riviera, com alta vulnerabilidade. Este resultado deveu-se, principalmente à construção da Avenida Beira Mar sobre área em que existiram dunas frontais em 1954. Apesar dos valores de TVLC terem indicado uma baixa mobilidade da praia, as faces superiores da praia receberam cerca 3.820 m<sup>2</sup> de área construída, o que veio a causar a construção de enrocamentos numa extensão de 1.236 m da praia (fig. 6.2.1.1c). O setor da Praia Central teve uma vulnerabilidade muita alta, devida à alta mobilidade apresentada pelos valores de TVLC (60 m entre 1954 e 1980) e com até 148 m de avanço da linha de costa entre 1954 e 1980, onde hoje tem-se a construção de enrocamentos (fig. 6.2.1.2a). Neste setor, as construções residenciais totalizaram cerca de 9.900 m<sup>2</sup> de área sobre a praia, a partir da linha de costa de 1954.







Na Praia Brava de Caiobá, dois setores apresentaram níveis de alta vulnerabilidade (fig. 6.4b). O setor A situa-se ao norte, entre a Ponta das Pedras e a rua Antonina, tendo uma extensão com cerca de 827 m, e o setor B encontra-se entre o centro e a parte sul da praia, entre as ruas Ponta Grossa e Jacarezinho, com aproximadamente 441 m de extensão. O setor A já se encontra comprometido ambientalmente, com construções periódicas de muros de gabiões todos os anos (fig. 6.2.2.4b). Os valores de TVLC desta praia indicaram maior mobilidade neste setor, com avanço de 72 m da linha de costa entre 1954 e 1969 e artificialização da linha de costa entre as décadas de 80 e 97. Em fotos aéreas de 1969 foram encontradas dunas frontais no setor norte, sobre as quais foram construídas obras da infraestrutura urbana, como calçadas e muros de gabião.

Apesar dos valores de TVLC terem indicado pouca mobilidade de praia ao sul de Caiobá, no setor B ocorreu avanço da linha de costa de até 36 m entre 1954 e 1997. Neste setor houve a invasão da infra-estrutura urbana após 1954, tendo-se encontrado muros e enrocamentos sobre a face superior da praia em fotos aéreas de 1969.

Na Praia Mansa, tem-se apenas um setor com vulnerabilidade alta entre o Morro de Caiobá e a rua Uraí (fig. 6.4c). Neste setor, com extensão de 191 m, os valores de TVLC indicaram instabilidade nas variações de linha de costa dos períodos 1954-69 e 1969-80, com recuos de até 49 m entre 1954 e 1980 e estabilizando-se no último período devido às obras para recuperação da praia. No entanto, deve-se salientar que tanto nas fotos aéreas de 1997 como nas observações de campo, a barra de arrebentação e a linha d'água encontravam-se muito próximas ao muro de contenção. Em 1969 já existiam muros de contenção neste setor da praia, indicando uma invasão nesta época da infra-estrutura urbana (calçadas e ruas).



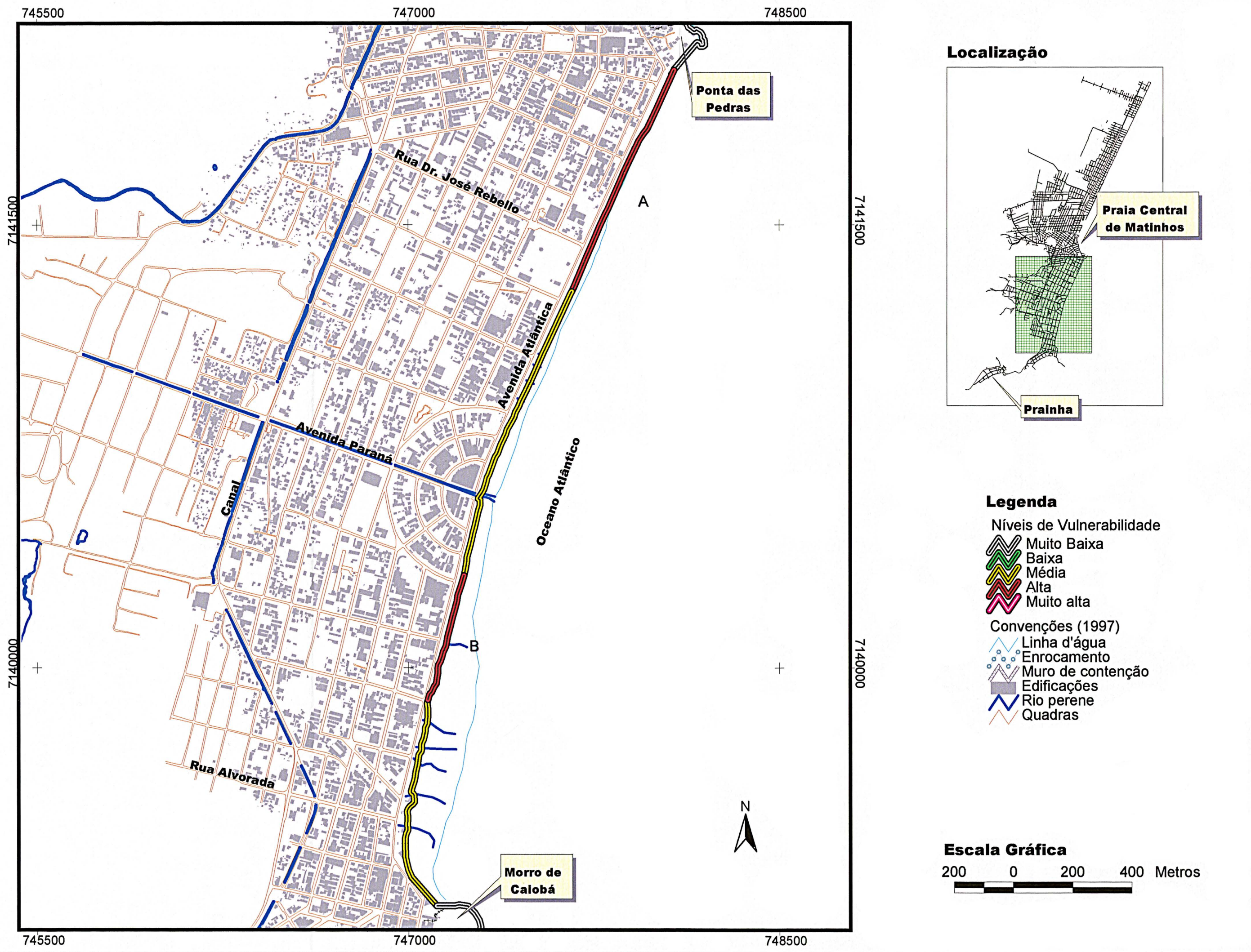


Figura 6.4b: Níveis de vulnerabilidade da costa para a Praia Brava de Caiobá.



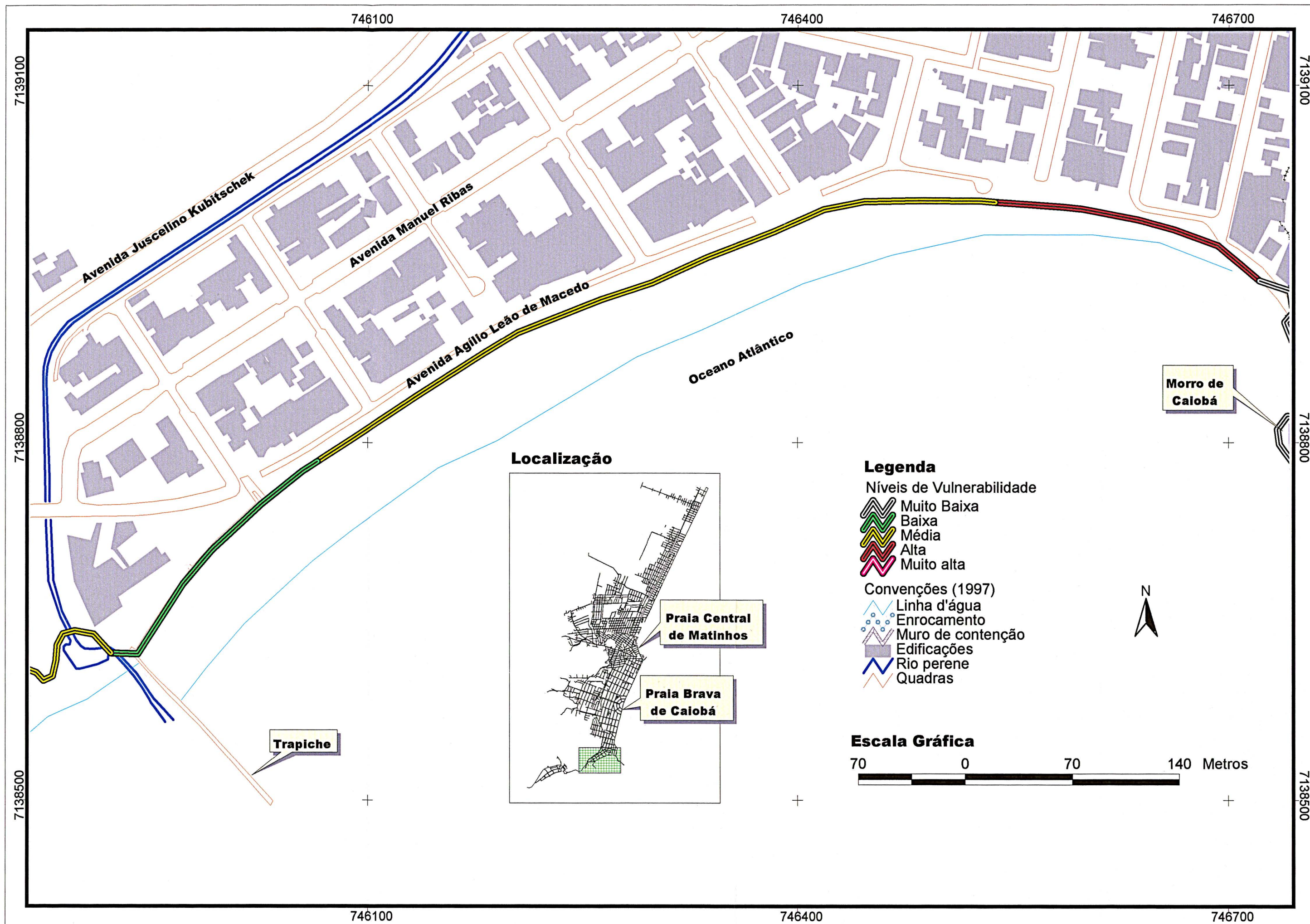


Figura 6.4c: Níveis de vulnerabilidade da costa para a Praia Mansa

A Prainha apresenta um setor de vulnerabilidade muito alta, com extensão de 563 m à nordeste (fig. 6.4d). Houve neste setor uma invasão sobre a face superior da praia, com cerca de 11.792 m<sup>2</sup> de área construída, em até 130 m de largura a partir da linha de costa de 1954. Este setor apresentou o maior valor de TVLC entre todas as praias estudadas, com 122 m entre 1954 e 1980, indicando um avanço da linha de costa que proporcionou a invasão de moradias sobre a praia. No período de 1980 a 1997, a TVLC cai para -3 m, o que mostra uma mobilidade de praia bastante acentuada, ressaltando-se que este último valor poderia ser mais negativo, não fosse a artificialização da linha de costa na década de 80. O balanço sedimentar total também mostrou-se bastante erosivo no período de campanha para os perfis praias (-52 m<sup>3</sup>). Deve-se salientar que nas observações de campo pode-se verificar que as obras de enrocamentos realizadas no setor não resolvem mais o problema de contenção das ondas (fig. 6.2.4.1b).

No centro da Prainha ocorre um setor de alta vulnerabilidade, com 424 m de extensão e onde houve invasão na face da praia com 6.250 m<sup>2</sup> de área construída. O setor sul desta praia apresentou valores de TVLC que indicam uma alta mobilidade, com avanço da linha de costa em até 196 m entre 1954 e 1980. Apesar do engordamento entre as partes central e sul da praia devido à presença de uma barra transversal, salienta-se que a dinâmica que se desenvolve nesta praia é intimamente influenciada pelo comportamento do sistema do delta da Baía de Guaratuba, o qual tem demonstrado que pequenas mudanças na configuração deste delta tem ocasionado mudanças significativas nas praias próximas a este.

Na parte central da porção sul da praia de Caieiras identificou-se um setor com alta vulnerabilidade (fig. 6.4e), onde ocorreu 3.250 m<sup>2</sup> de invasão de áreas construídas e até 78 m de progradação entre 1980 e 1997. A dinâmica do delta de maré vazante da Baía de Guaratuba tornaram complexas as configurações das barras longitudinais na zona de surfe desta praia, como foram visualizadas na fotointerpretação (figs. 6.2.5.1a), e provavelmente influenciaram na mobilidade da praia durante o período das fotos aéreas. Essas variações foram verificadas nos valores de TVLC, com recuo da linha de costa entre 1954 e 1980 (-11 m) e intenso avanço entre 1980 e 1997 (49 m).



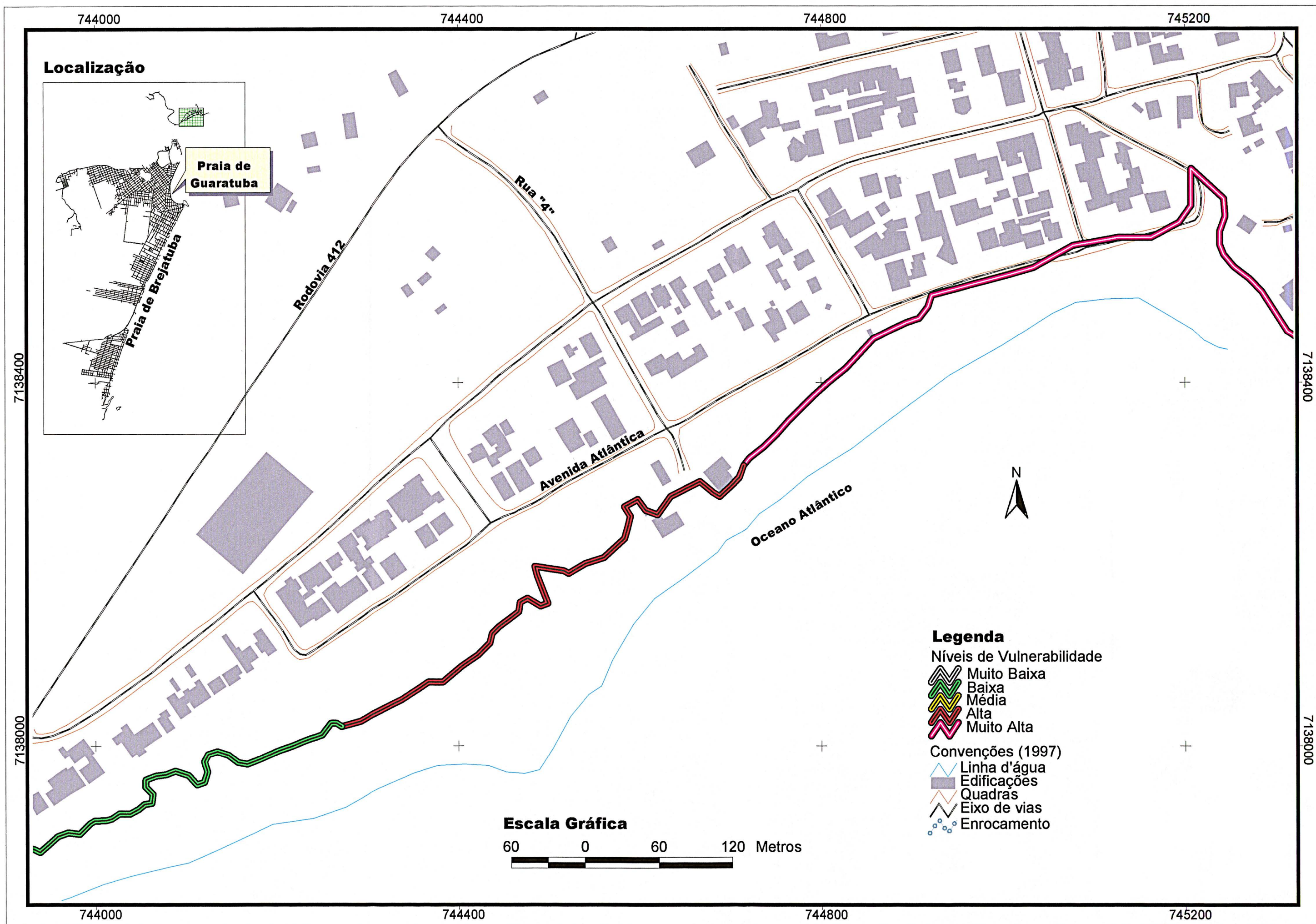


Figura 6.4d: Níveis de vulnerabilidade da costa para a Prainha



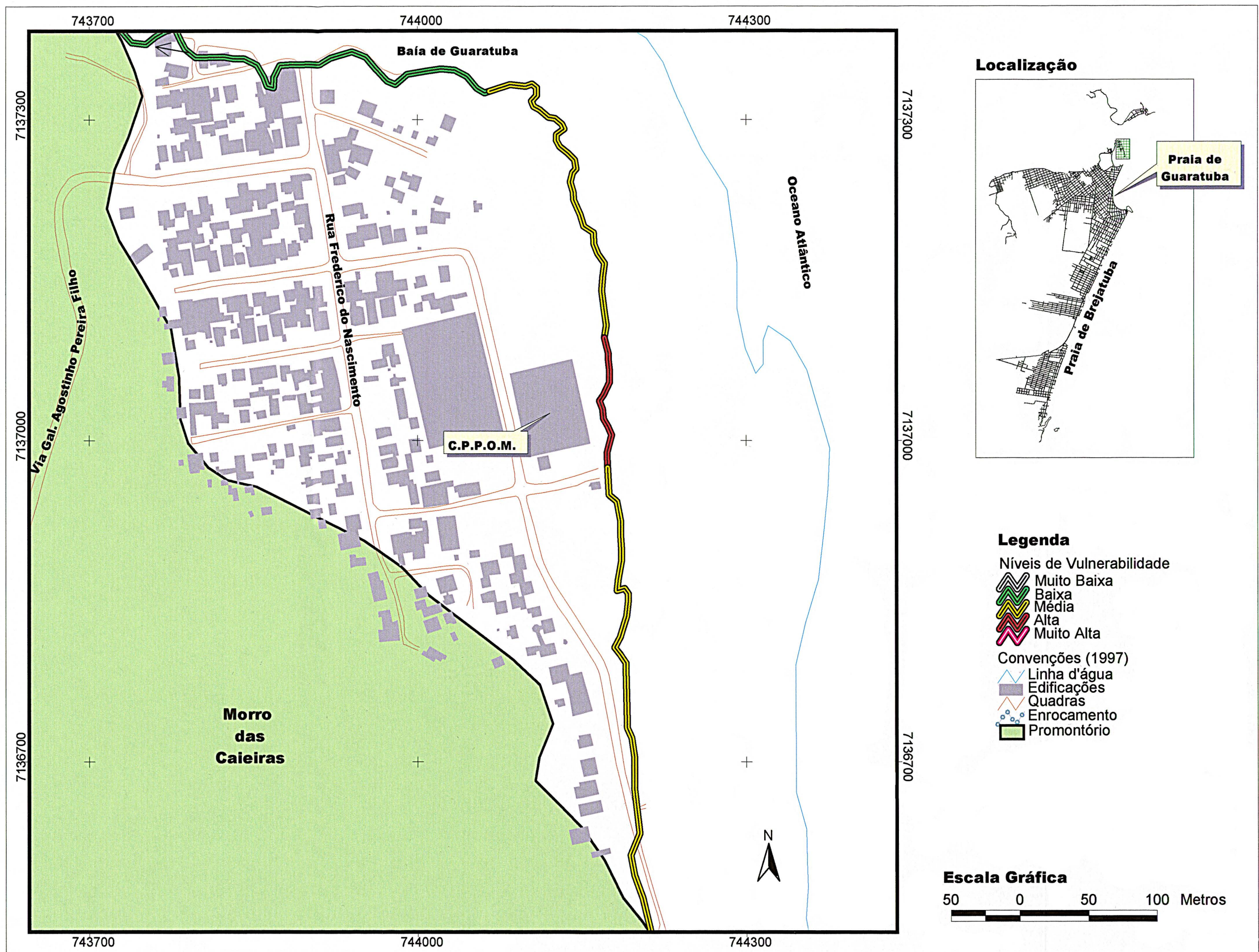


Figura 6.4e: Níveis de vulnerabilidade da costa para a Praia de Caieiras.



No entanto, as medições realizadas nos perfis praiais, mostraram uma estabilidade nas variações da linha de costa, com valor total acumulado de 3,60 m e uma variação média positiva de 1,37 m/ano. Esta estabilidade poderia estar relacionada a uma possível estabilidade na dinâmica do delta de maré vazante da Baía de Guaratuba. Deve-se enfatizar que no mesmo período das medições da linha de costa através dos perfis praiais, o balanço sedimentar total foi negativo ( $-46 \text{ m}^3$ ), indicando que houve uma erosão vertical no período de campanha e que a estabilidade na mobilidade da praia não teve relação com o balanço sedimentar.

Ao sul da praia de Guaratuba tem-se um setor com alta vulnerabilidade (fig. 6.4f). Este setor possui 773 m de extensão e a variável que mais influenciou na sua classificação foi a atividade humana sobre esta porção da praia. Em várias campanhas, pode-se verificar o uso de máquinas de terraplenagem para regularização da praia com o objetivo de escoamento das águas de galerias pluviais e esgotos (figs. 6.2.6.3b e 6.2.6.3c). Quanto a isto, deve-se enfatizar a instabilidade na configuração das barras, verificada tanto nas fotointerpretações como nas observações de campo.

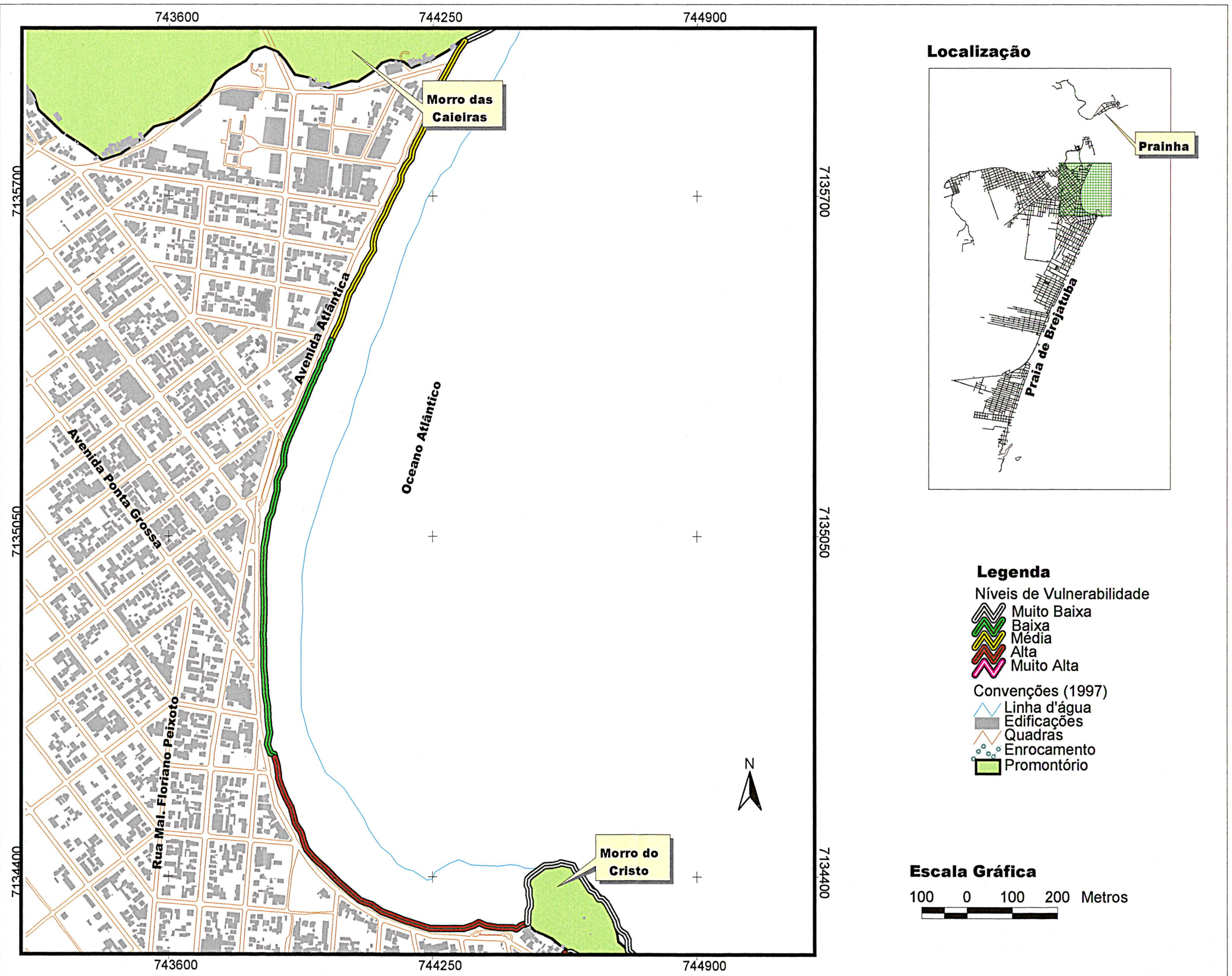


Figura 6.4f: Níveis de vulnerabilidade da costa para a Praia de Guaratuba.



De uma maneira geral, a praia de Guaratuba apresentou baixa mobilidade com 5 m de TVLC, sendo que em alguns locais próximo ao muro de contenção, foi encontrada vegetação indicando a formação da linha de costa (fig. 6.2.6.2c). O volume praiial apresentou inclusive deposição, com balanço sedimentar total de 46 m<sup>3</sup>.

A praia de Brejatuba apresentou quatro setores com alta vulnerabilidade (fig. 6.4g). O setor A encontra-se adjacente e ao sul do Morro do Cristo, tendo 302 m de extensão. Entre 1954 e 1980 ocorreu uma progradação de 64 m, havendo, em seguida, invasão sobre a face superior da praia com 1.951 m<sup>2</sup> de área construída que, atualmente, encontra-se sobre dunas frontais. O setor B tem 508 m de extensão e encontra-se entre as ruas Catarina Benett e Nicolau Melatonio. Houve neste setor uma invasão de áreas construídas de 3.221 m<sup>2</sup> entre 1954 e 1997, com progradação de até 62 m neste período. O setor C tem extensão de 224 m e está situado entre as ruas Manoel Cândido Pereira e Demétrio Elias Djazi. Houve uma progradação de até 50 m entre 1954 e 1997, onde se deu uma invasão de 938 m<sup>2</sup> de residências. O setor D está situado bem no centro desta praia, entre as ruas Cornélio Kloster e Havaí, com extensão de 646 m. Neste setor houve invasão de residências com 1937 m<sup>2</sup> em área que progradou até 70 m entre 1954 e 1997.

Os valores de TVLC indicaram uma mobilidade alta na porção sul da praia, mas como já foi discutido no item anterior, estes valores poderiam estar influenciados pelo erro em RMS do georreferenciamento das fotos aéreas. Mesmo assim, a TVLC para a porção norte indicou uma mobilidade de praia baixa. As variações da linha de costa medidas em campo não foram significativas, confirmando a baixa mobilidade de praia (tab. 6.2.7.2).

Também no volume praiial pode-se verificar uma relativa estabilidade para toda praia, com balanço sedimentar total em torno de 12 m<sup>3</sup>.

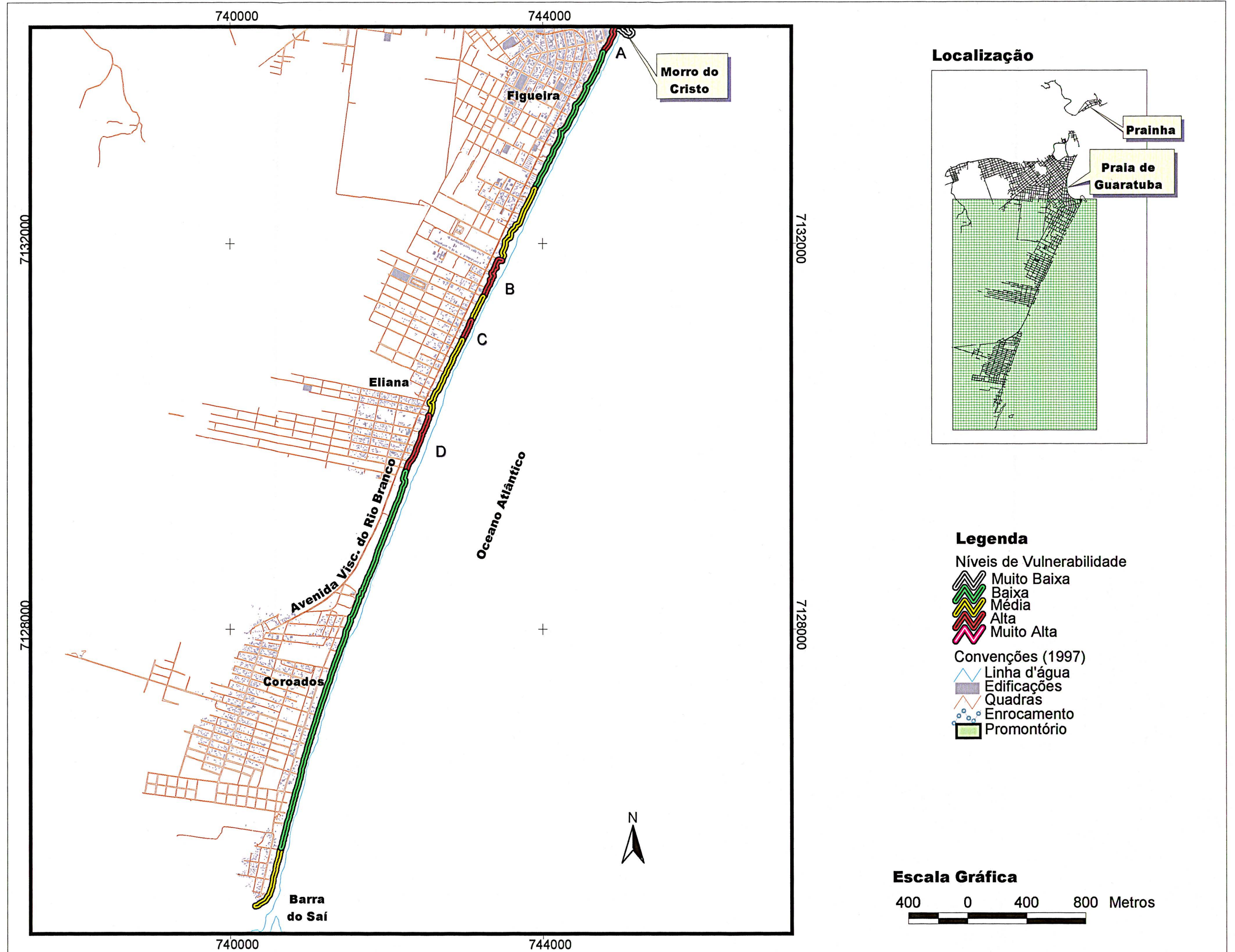


Figura 6.4g: Níveis de vulnerabilidade da costa para a Praia de Brejatuba.



## 7. CONCLUSÕES

Na área estudada as variações da linha de costa mostraram-se muito diferentes para cada praia, sem apresentar um padrão de comportamento geral. Esta variação também foi percebida para os estados morfodinâmicos de cada praia.

As taxas de variação de linha de costa (TVLC) das praias estudadas indicaram intensa variação da linha de costa, sugerindo uma alta mobilidade no período de 1999 a 2001. Todas as praias oceânicas apresentaram baixa mobilidade e características de praias intermediárias à dissipativas. A estabilidade destas praias confirma os trabalhos desenvolvidos por SHORT & HESP (1982), sobre a alusão que fizeram às praias do sul do Brasil.

Os resultados estatísticos do balanço sedimentar da área estudada indicaram praias instáveis, com períodos de intensa erosão e outros de intensa deposição. De maneira geral, todas as praias apresentaram estabilidade no volume praial entre novembro de 1999 e dezembro de 2000, coincidindo com o fenômeno La Niña, (CPTEC, 2002); sugerindo que este fenômeno foi importante sobre a dinâmica costeira do Paraná. A influência dos fenômenos interanuais sobre a dinâmica das praias no sul do Brasil, já havia sido verificada por SOUZA & ANGULO (2003) para as praias do município de Itapoá (SC), que se localizam 10 km ao sul da área de estudo. Os autores atribuíram o déficit de sedimentos observado no período de agosto de 1996 a março de 2000, à intensa erosão provocada pelos efeitos do fenômeno El Niño, que ocorreu entre junho de 1997 a março de 1998 e sedimentação durante o período de ocorrência do fenômeno La Niña.

O geoprocessamento mostrou-se como uma ferramenta prática e ágil para obtenção dos dados de mapeamento das barras e linhas de costa, assim como na determinação do volume praial e definição dos setores de vulnerabilidade. Deve-se ressaltar a dificuldade de georreferenciamento das fotografias aéreas muito antigas, como as de 1954 e 1969, devido a escassez de pontos de controle.

Todas as praias, mesmo as oceânicas, apresentaram setores com alta vulnerabilidade, mostrando que apesar de apresentarem estabilidade quanto à mobilidade da praia ou volume praial, outros fatores, tais como a invasão urbana sobre a face de praia, tiveram influência decisiva na causa do conflito e conseqüentemente na classificação destes setores.

Quanto aos estados morfodinâmicos, as praias estudadas apresentaram significativas diferenças entre si, com estado intermediário a refletivo para as praias dos balneários Flamingo e Riviera, porção norte de Caiobá, Mansa e extremo norte de Brejatuba, e com estado intermediário a dissipativo para as praias de Caiobá (exceto a porção norte em 1997), Central de Matinhos, Prainha, Caieiras, Guaratuba e Brejatuba. Nos casos dos balneários Flamingo e Riviera, Prainha e porção norte da Praia Brava de Caiobá, os estados morfodinâmicos após 1980 foram influenciados pela intervenção humana sobre as áreas de pós-praia.

Os resultados de TVLC indicaram alta mobilidade para as praias Central de Matinhos, Prainha e Caieiras, enquanto que as praias Brava de Caiobá, Mansa, Guaratuba, Brejatuba e dos balneários Flamingo e Riviera apresentaram baixa mobilidade.

As variações da linha de costa verificada na porção sul da Praia Brava de Caiobá foi devido, principalmente, aos deslocamentos da barra transversal do delta de maré vazante da Baía de Guaratuba.

A Praia Brava de Caiobá apresentou baixa mobilidade, confirmando seu caráter mais estável de praia oceânica. O impacto ambiental causado na porção norte desta praia e, em algumas épocas nas porções central e sul, deve-se principalmente à intervenção humana sobre a face de pós-praia, quando houve a destruição de dunas frontais na década de 70.

Os resultados das medições em campo das variações de linha de costa nas praias de Caieiras e Brejatuba mostraram estabilidade quanto à mobilidade destas praias entre fevereiro de 1999 a setembro de 2001. A linha de costa nas praias dos balneários Flamingo e Riviera, Central de Matinhos, Brava de Caiobá, Mansa, Prainha e Guaratuba foi artificializada por obras de contenção (muros, espigões e enrocamentos), totalizando 11.629 m de linha de costa, o que representa 54 % da área estudada.

Apesar da artificialização da linha de costa na Praia de Guaratuba, a baixa mobilidade indicada pelos valores da TVLC em todos os períodos analisados através de fotos aéreas, sugeriu que a posição da linha de costa nesta praia encontrava-se naturalmente próxima do muro de contenção, o que pode ser confirmado por observações de campo, quando se verificou a presença de vegetação junto ao muro.

As praias de Brejatuba e Caieiras foram as únicas que apresentaram dunas frontais preservadas como cordões dunares. São de tamanho pequeno a moderado, confirmando as constatações de SHORT & HESP (1982) para as praias do sul do Brasil.

Devido às grandes variações do perfil e do volume praial, assim como os altos valores de erro médio quadrático (RMS), presentes no georreferenciamento das fotos aéreas



de 1954 da porção sul da Praia de Brajatuba, concluiu-se sobre a necessidade de um trabalho com maior detalhe para esta localidade, objetivando a obtenção de resultados mais seguros sobre a mobilidade e o volume praial.

Apesar do impacto visual verificado na porção norte da Praia Brava de Caiobá, o saldo total do balanço sedimentar apresentou-se relativamente estável, sugerindo que este impacto deve-se quase que exclusivamente à invasão urbana sobre a face de pós-praia.

Quanto à granulometria das praias, as amostras analisadas indicaram predomínio de areia fina. Entretanto, com variações significativas dos parâmetros de FOLK & WARD (1957).

Os resultados das análises granulométricas das praias de Guaratuba e Brajatuba indicaram tendência de deriva litorânea para sul, sugerindo que no período de coleta houve um incremento das ondas incidentes de nordeste ou leste. Entretanto, estes resultados contrariam as evidências geomorfológicas que indicam deriva litorânea predominante para norte.

Na Prainha, a granulometria e a seleção sugerem deriva litorânea para nordeste, ou seja, de dentro para fora da baía, o que poderia ser explicado pelo predomínio das marés de vazante no sistema do delta da Baía de Guaratuba.

O aumento do diâmetro médio piora da seleção em direção ao norte da Praia Brava de Caiobá também sugerem deriva litorânea para sul. No entanto, deve-se considerar que o processo de erosão sobre os muros e espigões que são regularmente construídos, poderiam ter causado variações na granulometria local.

A Praia Central de Matinhos e a Prainha apresentaram alta mobilidade e tiveram uma alta intervenção humana com construções de residências sobre a face de pós-praia e posterior construções de enrocamentos para contenção das ondas. Esses fatores, permitiram classificar algumas porções destas praias como de vulnerabilidade muito alta. No caso da Prainha a situação pareceu mais grave, onde os valores de TVLC indicaram a mais alta mobilidade entre todas as praias estudadas, assim como uma intervenção humana sobre a face praial de 18.000 m<sup>2</sup> de área construída.

A alta mobilidade verificada nas praias Central de Matinhos e Prainha, pode ter propiciado os conflitos de uso que culminaram nas construções de muros, espigões e enrocamentos. Na década de 60 e 70, além da pouca restrição e fiscalização para construções na área de orla marítima, eram escassos os estudos sobre a dinâmica natural das praias. Assim, todas as vezes em que ocorriam grandes avanços da linha de costa, o mercado imobiliário se encarregava de lotear as áreas de praia que passavam a ficar emersas. O ciclo

posterior, com recuo da linha de costa, obrigou os proprietários e o serviço público a intervir para a contenção do mar, gerando o conflito do uso do solo e, conseqüentemente, o impacto ambiental.

Para os setores de vulnerabilidade muito alta (Praia Central de Matinhos e Prainha), recomenda-se um programa de recuperação das praias, que envolva técnicos das áreas de dinâmica costeira e engenharia costeira, o que possibilitaria um projeto com grande segurança quanto aos seus resultados. Para os setores de alta vulnerabilidade, recomenda-se uma avaliação individualizada de cada setor, com a indicação das melhores opções sobre quais atividades deveriam ser realizadas, sendo que de imediato poderia se fazer um trabalho detalhado com perfis praias periódicos, objetivando o conhecimento das tendências da dinâmica das praias nestes setores.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J.H.G. de M., 1996. *Refração do espectro de ondas oceânicas em águas rasas: Aplicações à região costeira de São Francisco do Sul, SC. Engenharia Ambiental, Uso e Proteção de Ambientes Costeiros*. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Dissertação de Mestrado. 89p.
- ANGULO, R.J. 1992. *Geologia da planície costeira do estado do Paraná*. Inst. Geoc., USP São Paulo. Tese de Doutorado. 334p.
- ANGULO, R.J. 1993a. Variações na configuração de linha de costa do Paraná nas últimas quatro décadas. *Boletim Paranaense de Geociências*, Curitiba, **41**:52-72.
- ANGULO, R.J. 1993b. A ocupação urbana do litoral paranaense e as variações de linha de costa. *Boletim Paranaense de Geociências*, Curitiba, **41**:73-81.
- ANGULO, R.J. 1993c. Morfologia e gênese das dunas frontais do litoral do Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, Curitiba, **23**(1):68-80.
- ANGULO, R.J. 1996. Problemas na terminologia de ambientes e subambientes litorâneos clásticos dominados por ondas. *Boletim Paranaense de Geociências*, Curitiba. **44**:51-57.
- ANGULO, R.J. 1999. Morphological characterization of the tidal deltas on the coast of the State of Paraná. *Anais Academia Brasileira de Ciências*, São Paulo, **71**(4),935-959.
- ANGULO, R.J. 2000. As praias do Paraná: problemas decorrentes de uma ocupação inadequada. *Revista Paranaense de Desenvolvimento*. **99**:61-82.
- ANGULO, R.J.; ANDRADE, J.J. 1982-. Viabilidade de controle de erosão nas praias de Caiobá e Guaratuba, PR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2. *Anais...* Brasília. INPE. 1982.
- ANGULO, R.J.; ARAÚJO, A.D., 1996. Classificação da costa paranaense com base na sua dinâmica, como subsídio à ocupação da orla litorânea. *Boletim Paranaense de Geociências*, **44**, 7-17.
- BANDEIRA, J.V. 1974. *Estudo estatístico das ondas ao largo da Baía de Paranaguá*. IPH-UFRGS. Porto Alegre. Dissertação de Mestrado. 224p.
- BASSO, J.B.; ANGULO, R.J; GIANNINI, P.C.F.; KOLGUT, J.S. 1997. Estudo da morfodinâmica praial entre Matinhos e Brejatuba, PR. - Relatório Semestral de Atividades. Progr. Inic. Cient./Proj. BANPESQ nº 96004318. (inédito).
- BESSA Jr., O; ANGULO, R.J. 2003. Volumetric variations on the beaches of the south seashore of Parana State in Brazil. *Journal of Coastal Research*, (no prelo).
- BIGARELLA, J.J. (ed.). 1978. *A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná. Um problema de segurança ambiental e nacional*. Curitiba, Gov. Par./SEPL/ADEA. 249p.
- BIGARELLA, J.J. 1966. Contribuição ao estudo dos sedimentos praias recentes. II – Praias de Matinhos e Caiobá. *Boletim da Universidade Federal do Paraná*, **6**, 109p.

- BIGARELLA, J.J. 1966. Contribuição ao estudo dos sedimentos praias recentes. II – Praias de Matinhos e Caiobá. *Boletim da Universidade Federal do Paraná*, 6, 109p.
- BIGARELLA, J.J. 1991. *Matinho: Homem e terra Reminiscências...* Matinhos. Pref. Mun. Matinhos/ADEA. 212p.
- BIGARELLA, J.J.; ALESSI, A.H.; BECKER, R.D.; DUARTE, G.K. 1969. Textural characteristics of the coastal dune, sand ridge and beach sediments. *Boletim Paranaense de Geociências*. 27:15-80.
- BIGARELLA, J.J.; FREIRE, S.S.; SALAMUNI, R.; VIANA, R. 1966. Contribuição ao estudo dos sedimentos praias recentes, II Praias de Matinhos e Caiobá. *Boletim da Universidade Federal do Paraná – Geografia Física*, Curitiba, 109p.
- CALLIARI, L.J.; TOZZI, H.A.M.; KLEIN, A.H.F. 1996. Erosão associada a marés meteorológicas na costa sul-riograndense (CODEMIR/OSNLR). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36. *Anais...* Salvador, SBG, IV:430-434.
- CEM – CENTRO DE ESTUDOS DO MAR. 1999. <http://www.cem.ufpr.br/fisica.htm>
- CEM – CENTRO DE ESTUDOS DO MAR. 2000. <http://www.cem.ufpr.br/fisica.htm>
- CEM – CENTRO DE ESTUDOS DO MAR. 2001. <http://www.cem.ufpr.br/fisica.htm>
- CPTEC/INPE/ELNINO. 2003. [http://www.cptec.inpe.br/enos/Oque\\_e%20nino.shtml](http://www.cptec.inpe.br/enos/Oque_e%20nino.shtml)
- CPTEC/INPE/LANINHA. 2003. <http://www.cptec.inpe.br/products/laninha/laninha1p.html>
- DEAN, R.G. 1973. Heuristic models of sand transport in the surf zone. In: *Proceedings of the Conference on Engineering Dynamics in the Surf Zone*. Sydney. P.208-214.
- DESCHAMPS, M.V.; KLEINKE, M. de L.U.; MOURA, R.; WERNECK, D.Z. 2000. Afinal, o que induz o crescimento nas aglomerações litorâneas? In: *Anais do XII Encontro da ABEP*. Caxambu. ABEP.CD.
- DHN – DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. 2001. <http://www.dhn.mar.mil.br/chm/tabuas/>
- DOLAN, R.; HAYDEN, B. 1983. Patterns and prediction of shoreline change. In: KOMAR, P.D.(ed.) *CRC Handbook of coastal processes and erosion*. CRC Press, Inc. Flórida, p.123-150.
- ELLIOTT, T. 1986. Siliciclastic shorelines. In: READING, H.G. *Sedimentary environments facies*. Blackwell, S.P. Oxford, p.155-188.
- ENGEMAP. 2003. *Padrão de Exatidão Cartográfica*. 7p. <http://www.engemap.com.br/>
- ESRI - ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. 2000. ArcInfo. Version 8.0.2. Redlands, CA. 3 CDs.
- FOLK, R.L.; WARD, W.C. 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Jour. Sedimentary. Petrology*. Tulsa, 27(1):3-26.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 1996. *The contributions of science to integrated coastal management*. Reports and studies n°. 61. Roma. 72p.



- GOBBI, E.F. 1997. *Gerenciamento costeiro: análise de casos do litoral do Paraná sob a perspectiva da engenharia costeira*. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro. Tese de Doutorado. 277p.
- HESP, P.A. 1988. Morphology, dynamics and internal stratification of some established foredunes in southeast Australia. In: HESP, P.A. and FRYBERGER, (ed.). *Eolian Sediments, Journal of Sedimentary Geology*. **55**:17-41.
- HESP, P.A. 1989. A review of biological and geomorphological processes involved in the initiation and development of incipient foredunes. In: GIMMINGHAM, C.H.; RITCHIE, W.; WILLETTS, B.B.; WILLIS, A.J. (eds.). *Coastal sand dunes*. Proc. of the Royal Soc. Edinburgh. **96B**:181-202.
- HESP, P.A. 1999. The beach backshore and beyond. In: SHORT, A.D. (ed.). *Handbook of beach and shoreface morphodynamics*. J. Wiley and Sons. Londres, p.145-170.
- HESP, P.A. 2000. Coastal sand dunes – form and function. *CDVN Technical bulletin n. 4*. New Zealand, Forest Research Institute Ltd. 29p.
- HOEFEL, F.G. 1998. *Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica*. Itajaí. Editora da UNIVALI. 92p.
- IPARDES - INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. . 1981. *Viabilidade de controle de erosão nas praias de Caiobá e Guaratuba*. IPARDES. Curitiba. 64p.
- IPARDES - INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. . 1995. *Diagnóstico Ambiental da APA de Guaraqueçaba*. IPARDES. Curitiba. 166p.11 mapas.
- KLEIN, A.H. F. 1997. Um método indireto para a determinação do estágio morfodinâmico de praias oceânicas arenosas. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 6. *Resumos Expandidos*. Curitiba. ABEQUA. p.76-78.
- KLEIN, A.H.F. 1996. *Concheiros do Albardão. Variações espaço-temporais dos sedimentos e da morfologia praias*. Geociências, UFRGS, Porto Alegre. Dissertação de Mestrado. 120p.
- KOMAR, P.D. 1983. Beach processes and erosion – an introduction. In: KOMAR, P.D. (ed.), *CRC Handbook of Coastal Processes and Erosion*. CRC Press, Inc. Florida, EUA, p. 1-20.
- LEAL, C.T. 2002. *A valoração paisagística aplicada ao planejamento ambiental urbano: estudo de caso do município de Matinhos/PR*. Dep. Solos, UFPR, Curitiba. Dissertação de Mestrado. 134p.
- LINDROTH, G. 1982. *Praia Mansa e Caiobá, um modelo em recuperação e proteção contra a erosão marítima*. Curitiba. EMOPAR. 18p.
- LIPPMANN, T.C.; HATHAWAY, K.K. 1993. Episodic, nonstationary behaviour of a double bar system at Duck, N.C., U.S.A. , 1986-1991. *Journal of Coastal Research*, p.49-75.

- MACEDO, R.K. 1991. A importância da avaliação ambiental. In: TAUK, A.M. (ed.). *Análise ambiental: uma visão multidisciplinar*. UNESP/FAPESP, São Paulo. P.11-26.
- MARONE, E.; CAMARGO, R. 1994. Marés meteorológicas no litoral do Estado do Paraná. O evento de 18 de agosto de 1993. *Nerítica*, **8**(1-2):73-85.
- McCUBBIN, D.G. 1982. Barrier-island and strand plain facies. In: SCHOLLE, P.A.; SPEARING, D. *Sandstone depositional environments*. Manasha, Am. Assoc. Petr. Geol., p.247-279.
- MOURA, R.; WERNECK, D.Z. 2000. Ocupação contínua litorânea do Paraná: uma leitura do espaço. *Revista Paranaense de Desenvolvimento*. **99**:61-82.
- MUEHE, D. 1998. Estado morfodinâmico praias no instante da observação: uma alternativa de identificação. *Revista Brasileira de Oceanografia*. **46**(2):157-169.
- PARANÁ. SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO. 1975. Plano diretor turístico do litoral. Curitiba. SEPL. 3V.
- SAINT-HILAIRE, A. 1978. *Viagens a Curitiba e Província de Santa Catarina*. Belo Horizonte, Itatiaia, São Paulo, EDUSP, 209 p.
- SANDERSON, P.G.; ELIOT, I.; HEGGE, B.; MAXWELL, S. 2000. Regional variation of coastal morphology in southwestern Australia: a synthesis. *Geomorphology*. **34**:73-88.
- SHORT, A.D. 1981. Beach response to variation in breaker height. In: Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Coastal Engineering Conference, ASCE, 1980, Sydney, Australia, p.1016-1035.
- SHORT, A.D. 1985. Rip-current type spacing and persistence, Narraben Beach, Australia. *Marine Geology*. **65**:47-71.
- SHORT, A.D.; HESP, P.A. 1982. Wave, beach and dune interaction in southeastern Australia. *Marine Geology*. **48**:259-284.
- SIMEPAR. 2003. <http://www.simepar.br/tempo/vernoticia.jsp?id=1043269723000>.
- SOARES, C.R.; ANGULO, R.J.; LESSA, G.C. 1997. Morfodinâmica de ambientes atuais, evolução da planície durante o Quaternário e problemas de erosão costeira. S.I. ABEQUA. *Publicação especial nº 2: Roteiro da excursão ao litoral do estado do Paraná*. VI Congresso da ABEQUA, Curitiba.
- SOUZA, M.C. de. 1999. *Mapeamento da planície costeira e morfologia e dinâmica das praias do município de Itapoá, Estado de Santa Catarina: subsídios à ocupação*. Dep. Geologia, UFPR, Curitiba. Dissertação de Mestrado. 197p.
- SOUZA, M.C.; ANGULO, R.J. 2003. Interannual and interdecadal variation of beaches in Itapoá, Santa Catarina, Brazil. *Journal of Coastal Research*. (no prelo)
- SUGUIO, K. 1973. *Introdução à sedimentologia*. São Paulo. E. Blücher Ed. 317p.
- SUGUIO, K. 1992. *Dicionário de geologia marinha*. São Paulo, T.A. Queiroz. 366p.
- TESSLER, M. 1988. *Dinâmica sedimentar quaternária no litoral sul paulista*. Inst. Geoc., USP São Paulo. Tese de Doutorado. 354p.



- TOMAZELLI, L.J. 1990. *Contribuição ao estudo dos sistemas deposicionais holocênicos do nordeste da província costeira do Rio Grande do Sul, com ênfase no sistema eólico*. IG/UFRGS, Porto Alegre. Tese de Doutorado. 270 p.
- TOSIN, P. C.; ANGULO, R. J.; MARONE, E., SOUZA, M. C.; BESSA Jr., O., SOARES, C. R.; FOLADORI, G.; LANA, P. C.; VEIGA, F. A.; SANTOS, C. S. G.; GARRAFONI, A. S. 2002. *Estudo de impacto ambiental das obras de recuperação e revitalização da orla litorânea – Matinhos/praias de Leste (ROL-M/P)*. SUDHERSA, Curitiba. 175p.
- UNESCO. 2000. Guidelines for vulnerability mapping of coastal zones in the indian ocean. Intergovernmental *Oceanographic Commission. Manuals and Guides n. 38*. France, 41p.
- UNITED STATES ARMY, 1973. *Shore protection manual*. Washington, Coastal Eng. Res. Center Dep. Army Corps Eng., 3v.
- WRIGHT, L.D. 1981. Beach cut in relation to surf zone morphodynamics. In: *Proceedings of the 17th International Coastal Engineering Conference, ASCE*. Sydney, Australia. P.978-996.
- WRIGHT, L.D.; CHAPPEL, J.; THOM, B.G.; BRADSHAW, M.P.; COWELL, P. 1979. Morphodynamics of reflective and dissipative beach and inshore systems: Southeastern Australia. *Marine Geology*. **32**:105-140.
- WRIGHT, L.D.; MAY, S.K.; SHORT, A.D.; GREEN, M.O. 1984. Beach and surf zone equilibria and response times. In: *Proceedings of the 19th International Coastal Engineering Conference, ASCE*. Houston, Texas, EUA. p.2150-2164.
- WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. 1983. Morphodynamics of beaches and surf zones in Australia. In: KOMAR, P.D.(ed.) *CRC Handbook of coastal processes and erosion*. CRC Press, Inc. Flórida, p.35-64.
- WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology*. **56**, 93-118.

## **ANEXO 1**



Tabela A1: Parâmetros estatísticos de granulometria para amostras da praia de Caieiras.

CÓDIGO DA AMOSTRA	PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (phi)				FAIXA GRANULOMÉTRICA (%)											RELAÇÃO FINO/GROSSO
	DIÂMETRO MÉDIO	DESVIO PADRÃO	ASSIMETRIA	CURTOSE	CASCALHO			AREIA						PELÍTICOS		
					SEIXOS	GRÂNULOS	TOTAL	MUITO GROSSA	GROSSA	MÉDIA	FINA	MUITO FINA	TOTAL	ARGILA	TOTAL	
Caieiras 1	2,78	0,27	0,21	6,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,79	84,58	14,55	99,92	0,00	0,08	0,00
Caieiras 2	2,67	0,30	-0,74	6,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,42	90,22	6,32	99,96	0,00	0,04	0,00
Caieiras 3	2,77	0,23	-0,17	7,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64	88,26	11,08	99,98	0,00	0,02	0,00
MÁXIMO	2,78	0,30	0,21	7,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,42	90,22	14,55	99,98	0,00	0,08	0,00
MÍNIMO	2,67	0,23	-0,74	6,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64	84,58	6,32	99,92	0,00	0,02	0,00
MÉDIA	2,74	0,27	-0,23	6,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,62	87,69	10,65	99,95	0,00	0,05	0,00
DESV. PADR.	0,05	0,03	0,39	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,28	2,34	3,38	0,03	0,00	0,03	0,00

Tabela A2: Parâmetros estatísticos de granulometria para amostras da praia Mansa de Caiobá.

CÓDIGO DA AMOSTRA	PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (phi)				FAIXA GRANULOMÉTRICA (%)											RELAÇÃO FINO/GROSSO
	DIÂMETRO MÉDIO	DESVIO PADRÃO	ASSIMETRIA	CURTOSE	CASCALHO			AREIA						PELÍTICOS		
					SEIXOS	GRÂNULOS	TOTAL	MUITO GROSSA	GROSSA	MÉDIA	FINA	MUITO FINA	TOTAL	ARGILA	TOTAL	
Mansa 1	1,83	0,67	-0,11	2,13	0,00	0,00	0,00	0,00	11,21	46,87	41,12	0,80	100,00	0,00	0,00	0,00
Mansa 2	1,83	0,67	-0,05	2,17	0,00	0,00	0,00	0,00	10,63	48,27	39,87	1,23	100,00	0,00	0,00	0,00
Mansa 3	2,30	0,61	-0,74	2,69	0,00	0,00	0,00	0,00	2,79	26,59	65,48	5,14	100,00	0,00	0,00	0,00
Mansa 4	1,78	0,62	0,14	2,15	0,00	0,00	0,00	0,00	8,88	54,94	35,60	0,58	100,00	0,00	0,00	0,00
Mansa 6	1,87	0,64	-0,20	2,45	0,00	0,00	0,00	0,03	8,02	49,04	42,12	0,79	100,00	0,00	0,00	0,00
MÁXIMO	2,30	0,67	0,14	2,69	0,00	0,00	0,00	0,03	11,21	54,94	65,48	5,14	100,00	0,00	0,00	0,00
MÍNIMO	1,78	0,61	-0,74	2,13	0,00	0,00	0,00	0,00	2,79	26,59	35,60	0,58	100,00	0,00	0,00	0,00
MÉDIA	1,92	0,64	-0,19	2,32	0,00	0,00	0,00	0,01	8,30	45,14	44,84	1,71	100,00	0,00	0,00	0,00
DESV. PADR	0,19	0,02	0,29	0,22	0,00	0,00	0,00	0,01	2,99	9,68	10,56	1,73	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela A3: Parâmetros estatísticos de granulometria para amostras da Prainha.

CÓDIGO DA AMOSTRA	PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (phi)				FAIXA GRANULOMÉTRICA (%)											RELAÇÃO FINO/GROSSO
	DIÂMETRO MÉDIO	DESVIO PADRÃO	ASSIMETRIA	CURTOSE	CASCALHO			AREIA						PELÍTICOS		
					SEIXOS	GRÂNULOS	TOTAL	MUITO GROSSA	GROSSA	MÉDIA	FINA	MUITO FINA	TOTAL	ARGILA	TOTAL	
Prainha 1	1,68	0,98	-0,37	2,11	0,00	0,22	0,22	3,61	23,71	28,13	42,60	1,70	99,75	0,00	0,03	0,00
Prainha 2	2,40	0,57	-1,07	3,28	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	21,08	73,79	3,88	100,00	0,00	0,00	0,00
Prainha 3	2,80	0,24	-0,55	17,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,48	84,82	14,54	99,96	0,00	0,04	0,00
Prainha 4	2,30	0,82	-1,22	3,39	0,00	0,00	0,00	0,10	12,39	13,62	65,96	7,93	100,00	0,00	0,00	0,00
Prainha 5	2,26	0,78	-1,05	3,16	0,00	0,08	0,08	0,00	10,85	17,46	65,11	6,50	99,92	0,00	0,00	0,00
Prainha 6	2,78	0,29	0,45	9,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,77	86,89	12,28	100,00	0,00	0,08	0,00
MÁXIMO	2,80	0,98	0,45	17,25	0,00	0,22	0,22	3,61	23,71	28,13	86,89	14,54	100,00	0,00	0,08	0,00
MÍNIMO	1,68	0,24	-1,22	2,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,48	42,60	1,70	99,75	0,00	0,00	0,00
MÉDIA	2,37	0,61	-0,64	6,45	0,00	0,05	0,05	0,62	8,06	13,59	69,86	7,81	99,94	0,00	0,02	0,00
DESV. PADR.	0,38	0,27	0,57	5,40	0,00	0,08	0,08	1,34	8,61	10,16	14,78	4,47	0,09	0,00	0,03	0,00



Tabela A4: Parâmetros estatísticos de granulometria para amostras da praia de Brejatuba.

CÓDIGO DA AMOSTRA	PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (phi)				FAIXA GRANULOMÉTRICA (%)											RELAÇÃO FINO/GROSSO
	DIÂMETRO MÉDIO	DESVIO PADRÃO	ASSIMETRIA	CURTOSE	CASCALHO			AREIA						PELÍTICOS		
					SEIXOS	GRÂNULOS	TOTAL	MUITO GROSSA	GROSSA	MÉDIA	FINA	MUITO FINA	TOTAL	ARGILA	TOTAL	
Brejatuba 1	2,62	0,42	-0,56	3,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,04	77,00	13,94	99,98	0,00	0,02	0,00
Brejatuba 2	2,27	0,65	-0,64	2,54	0,00	0,00	0,00	0,00	3,61	27,51	61,79	7,09	100,00	0,00	0,00	0,00
Brejatuba3	2,58	0,48	-0,86	3,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	13,19	73,24	13,37	100,00	0,00	0,00	0,00
Brejatuba4	2,46	0,50	-0,68	3,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	19,19	73,00	7,71	99,98	0,00	0,02	0,00
Brejatuba5	2,56	0,44	-0,63	3,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	11,77	77,71	10,46	99,96	0,00	0,04	0,00
Brejatuba6	2,04	0,64	-0,01	1,97	0,00	0,00	0,00	0,00	2,53	47,20	46,50	3,77	100,00	0,00	0,00	0,00
Brejatuba7	2,53	0,41	-0,79	4,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	11,00	83,12	5,80	99,98	0,00	0,02	0,00
Brejatuba8	1,96	0,58	0,18	1,92	0,00	0,00	0,00	0,00	1,32	55,27	41,99	1,42	100,00	0,00	0,00	0,00
Brejatuba9	2,34	0,55	-0,84	3,21	0,00	0,00	0,00	0,00	1,67	23,31	71,33	3,70	100,00	0,00	0,00	0,00
Brejatuba10	2,05	0,69	-0,33	1,99	0,00	0,00	0,00	0,00	6,48	38,28	52,62	2,63	100,00	0,00	0,00	0,00
Brejatuba11	1,55	0,68	0,43	2,22	0,00	0,00	0,00	0,00	22,35	51,14	25,98	0,53	100,00	0,00	0,00	0,00
Brejatuba12	1,58	0,57	0,60	2,78	0,00	0,00	0,00	0,00	11,51	66,67	21,45	0,36	100,00	0,00	0,00	0,00
Brejatuba13	1,76	0,56	0,61	2,57	0,00	0,00	0,00	0,00	2,81	68,75	27,33	1,10	100,00	0,00	0,00	0,00
Brejatuba14	2,21	0,46	-0,19	2,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	33,61	64,93	1,37	100,00	0,00	0,00	0,00
MÁXIMO	2,62	0,69	0,61	4,07	0,00	0,00	0,00	0,00	22,35	68,75	83,12	13,94	100,00	0,00	0,04	0,00
MÍNIMO	1,55	0,41	-0,86	1,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,04	21,45	0,36	99,96	0,00	0,00	0,00
MÉDIA	2,18	0,55	-0,27	2,85	0,00	0,00	0,00	0,00	3,77	34,00	57,00	5,23	99,99	0,00	0,01	0,00
DESV. PADR.	0,37	0,10	0,54	0,73	0,00	0,00	0,00	0,00	6,25	20,88	21,09	4,67	0,01	0,00	0,01	0,00

Tabela A5: Parâmetros estatísticos de granulometria para amostras da praia de Guaratuba.

CÓDIGO DA AMOSTRA	PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (phi)				FAIXA GRANULOMÉTRICA (%)											RELAÇÃO FINO/GROSSO
	DIÂMETRO MÉDIO	DESVIO PADRÃO	ASSIMETRIA	CURTOSE	CASCALHO			AREIA						PELÍTICOS		
					SEIXOS	GRÂNULOS	TOTAL	MUITO GROSSA	GROSSA	MÉDIA	FINA	MUITO FINA	TOTAL	ARGILA	TOTAL	
Guaratuba 1	2,48	0,48	-0,70	3,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	16,88	75,53	7,37	100,00	0,00	0,00	0,00
Guaratuba 2	2,65	0,34	-1,13	5,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,05	86,12	7,83	100,00	0,00	0,00	0,00
Guaratuba 3	2,61	0,43	-0,95	4,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	11,43	78,17	10,34	99,96	0,00	0,04	0,00
Guaratuba 4	2,71	0,56	-0,82	4,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64	10,86	66,07	22,16	99,72	0,00	0,28	0,00
Guaratuba 5	2,93	0,36	1,30	5,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	71,41	27,60	99,36	0,00	0,64	0,01
Guaratuba 6	1,86	0,68	0,33	2,13	0,00	0,00	0,00	0,00	6,27	54,46	36,51	2,68	99,92	0,00	0,08	0,00
MÁXIMO	2,93	0,68	1,30	5,58	0,00	0,00	0,00	0,00	6,27	54,46	86,12	27,60	100,00	0,00	0,64	0,01
MÍNIMO	1,86	0,34	-1,13	2,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	36,51	2,68	99,36	0,00	0,00	0,00
MÉDIA	2,54	0,48	-0,33	4,30	0,00	0,00	0,00	0,00	1,19	16,67	68,97	13,00	99,83	0,00	0,17	0,00
DESV. PADR.	0,36	0,13	0,95	1,34	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	19,33	17,26	9,69	0,25	0,00	0,25	0,00

Tabela A6: Parâmetros estatísticos de granulometria para amostras da praia Brava de Caiobá.

CÓDIGO DA AMOSTRA	PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (phi)				FAIXA GRANULOMÉTRICA (%)											RELAÇÃO FINO/GROSSO
	DIÂMETRO MÉDIO	DESVIO PADRÃO	ASSIMETRIA	CURTOSE	CASCALHO			AREIA						PELÍTICOS		
					SEIXOS	GRÂNULOS	TOTAL	MUITO GROSSA	GROSSA	MÉDIA	FINA	MUITO FINA	TOTAL	ARGILA	TOTAL	
Caioabá 1	2,83	0,22	0,47	8,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,24	82,52	17,22	100,00	0,00	0,00	0,00
Caioabá 2	2,69	0,27	-1,23	7,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	2,35	91,83	5,78	100,00	0,00	0,00	0,00
Caioabá 3	2,77	0,23	-0,68	11,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,97	88,85	10,16	100,00	0,00	0,00	0,00
Caioabá 4	2,62	0,52	-1,68	6,67	0,00	0,00	0,00	0,04	1,89	8,78	74,51	14,79	100,00	0,00	0,00	0,00
Caioabá 5	2,04	0,85	-0,89	2,84	0,00	0,00	0,00	1,31	13,32	25,56	56,04	3,77	100,00	0,00	0,00	0,00
Caioabá 6	0,45	0,81	0,84	4,47	0,00	3,11	3,11	20,44	60,14	10,26	5,86	0,18	96,89	0,00	0,00	0,00
Caioabá 7	0,66	0,62	0,37	4,11	0,00	0,58	0,58	10,13	63,57	23,08	2,58	0,06	99,42	0,00	0,00	0,00
Caioabá 8	0,84	0,51	0,58	4,53	0,00	0,04	0,04	2,78	63,36	31,59	2,17	0,06	99,96	0,00	0,00	0,00
MÁXIMO	2,83	0,85	0,84	11,06	0,00	3,11	3,11	20,44	63,57	31,59	91,83	17,22	100,00	0,00	0,00	0,00
MÍNIMO	0,45	0,22	-1,68	2,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,24	2,17	0,06	96,89	0,00	0,00	0,00
MÉDIA	1,86	0,50	-0,28	6,28	0,00	0,47	0,47	4,34	25,30	12,85	50,55	6,50	99,53	0,00	0,00	0,00
DESV. PADR.	1,04	0,25	0,95	2,80	0,00	1,09	1,09	7,36	31,02	12,25	40,42	6,84	1,09	0,00	0,00	0,00



Tabela A7: Parâmetros estatísticos de granulometria para amostras da praia de Matinhos.

CÓDIGO DA AMOSTRA	PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (phi)				FAIXA GRANULOMÉTRICA (%)											RELAÇÃO FINO/GROSSO
	DIÂMETRO MÉDIO	DESVIO PADRÃO	ASSIMETRIA	CURTOSE	CASCALHO			AREIA						PELÍTICOS		
					SEIXOS	GRÂNULOS	TOTAL	MUITO GROSSA	GROSSA	MÉDIA	FINA	MUITO FINA	TOTAL	ARGILA	TOTAL	
Matinhos 1	2,57	0,42	-1,09	4,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	11,47	80,85	7,48	100,00	0,00	0,00	0,00
Matinhos 2	1,78	0,72	0,01	2,02	0,00	0,00	0,00	0,00	15,43	47,06	36,16	1,35	100,00	0,00	0,00	0,00
Matinhos 3	1,64	0,85	-0,02	2,08	0,00	0,00	0,00	1,97	23,53	40,64	31,69	2,17	100,00	0,00	0,00	0,00
Matinhos 4	1,81	0,71	0,00	2,01	0,00	0,00	0,00	0,00	13,70	47,00	37,71	1,59	100,00	0,00	0,00	0,00
Matinhos 5	2,17	0,60	-0,32	2,06	0,00	0,00	0,00	0,00	1,43	38,29	57,21	3,07	100,00	0,00	0,00	0,00
Matinhos 6	2,26	0,52	-0,32	2,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	33,12	63,91	2,84	100,00	0,00	0,00	0,00
Matinhos 7	1,95	0,73	-0,20	1,79	0,00	0,00	0,00	0,02	10,36	39,29	48,24	2,08	100,00	0,00	0,00	0,00
Matinhos 8	2,32	0,58	-1,05	4,01	0,00	0,00	0,00	0,00	3,56	21,40	71,06	3,99	100,00	0,00	0,00	0,00
Matinhos 9	1,95	0,66	-0,26	2,28	0,00	0,00	0,00	0,00	7,60	44,20	46,72	1,49	100,00	0,00	0,00	0,00
Matinhos 10	1,90	0,63	-0,10	2,37	0,00	0,00	0,00	0,00	7,85	50,94	39,74	1,47	100,00	0,00	0,00	0,00
Matinhos 11	1,55	0,61	0,66	2,68	0,00	0,00	0,00	0,00	16,69	61,60	21,07	0,64	100,00	0,00	0,00	0,00
Matinhos 12	1,93	0,57	0,13	2,25	0,00	0,00	0,00	0,00	3,09	56,07	39,71	1,13	100,00	0,00	0,00	0,00
MÁXIMO	2,57	0,85	0,66	4,54	0,00	0,00	0,00	1,97	23,53	61,60	80,85	7,48	100,00	0,00	0,00	0,00
MÍNIMO	1,55	0,42	-1,09	1,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	11,47	21,07	0,64	100,00	0,00	0,00	0,00
MÉDIA	1,99	0,63	-0,21	2,53	0,00	0,00	0,00	0,17	8,63	40,92	47,84	2,44	100,00	0,00	0,00	0,00
DESV. PADR.	0,30	0,11	0,48	0,85	0,00	0,00	0,00	0,57	7,48	14,02	17,38	1,84	0,00	0,00	0,00	0,00